

# **Neuropsychologische Aufmerksamkeitsfunktionen bei fokalen oder diffusen Hirnschädigungen**

Abhandlung  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der Philosophischen Fakultät  
der Universität Zürich

vorgelegt von  
**Erika Forster**

Von  
Uzwil/SG

Angenommen auf Antrag von  
Herrn Prof. Dr. François Stoll und Herrn PD Dr. René Müri (Koreferent)

Studentendruckerei Zentrum, Zürich, 2003



Ich möchte mich ganz herzlich bei all denen bedanken, die in irgendeiner Form dazu beigetragen haben, dass diese Arbeit entstehen und zu Ende geführt werden konnte.

Spezieller Dank gilt allen Patientinnen und Patienten, die sich trotz ihrer schwierigen Lebenssituation für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt haben.

Danken möchte ich auch den freiwilligen Kontrollpersonen für ihr bereitwilliges Mitmachen.

Herrn Prof. François Stoll danke ich ganz besonders, dass er die Betreuung dieser Arbeit mit Interesse und Engagement übernommen hat.

Herrn PD Dr. René Muri sei ganz herzlich für die Übernahme des Koreferates gedankt. Speziell möchte ich ihm auch für die Diskussionsbereitschaft und die aufwendige neuroradiologische Supervision beim Erstellen der Läsionsanalysen danken.

Herrn Dr. Klemens Gutbrod und dem gesamten Team der Abteilung für Neuropsychologische Rehabilitation des Inselspitals Bern danke ich für die kooperative Zusammenarbeit. Erst in der klinischen Arbeit und den damit verbundenen Diskussionen wurden Idee und Entstehung dieser Arbeit möglich.

Mein Dank gilt weiter allen Freunden und Bekannten, die mich mit ihren speziellen Kenntnissen und Fähigkeiten beraten und unterstützt haben, insbesondere Herrn Dr. Jörg Hupfeld und meiner Freundin Frau Dr. Dörthe Heinemann.

Last but not least möchte ich mich ganz herzlich bei meinem Lebenspartner Herrn Reto Antenen für die nie nachlassende Begeisterung für mein Vorhaben und die aufmunternde und liebevolle Unterstützung bedanken.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Theoretischer Kontext.....</b>	<b>1</b>
1.1	Was ist Aufmerksamkeit? Was ist wichtig bei der Aufmerksamkeit? Weshalb braucht es Aufmerksamkeit? .....	1
1.2	Informationsverarbeitungstheorien und Aufmerksamkeitsmodelle auf dem Hintergrund der kognitiven Psychologie .....	2
1.3	Aufmerksamkeitsdimensionen und –modelle auf dem Hintergrund der Neuropsychologie .....	4
1.4	Anatomie und Physiologie .....	8
1.4.1.	Die mesencephalen reticulären Aktivierungssysteme .....	8
1.4.2.	Die thalamo-kortikalen Aktivierungssysteme .....	9
1.4.3.	Die kortikalen Aktivierungssysteme .....	10
1.5	Neuropsychologisch-integrative Theorien der Aufmerksamkeit.....	11
1.6	Neuropsychologische Studien zu Aufmerksamkeit und Aufmerksamkeitsstörungen im Überblick .....	12
1.6.1.	Aufmerksamkeitsstörungen nach Schädel-Hirn-Trauma (CHI), nach vaskulär bedingten oder anderen fokalen cerebralen Läsionen.....	12
1.6.2.	Frontalhirn und Aufmerksamkeit .....	16
1.6.3.	Frontalhirnschädigungen und Aufmerksamkeit .....	20
1.7	Versuch eines integrativen neuropsychologischen Rahmenmodells der Aufmerksamkeitsprozesse unter Berücksichtigung theoretischer und diagnostischer Aspekte .....	25
<b>2</b>	<b>Fragestellung und Hypothesen .....</b>	<b>27</b>
2.1	Hypothesen zu Aufmerksamkeitsfunktionen in der Schädel-Hirn-Trauma- (SHT) und in der Vaskulären/Tumor-Gruppe (VaTu) .....	29
2.2	Hypothesen zu Aufmerksamkeit im Kontext von rechts- oder linkshemisphärischen Hirnschädigungen .....	30
2.3	Hypothesen zu Aufmerksamkeit im Kontext von anterioren oder posterioren Hirnschädigungen .....	32
2.4	Hypothesen zu Aufmerksamkeitsfunktionen und fokalen Frontalhirnschädigungen .....	33

<b>3</b>	<b>Methode .....</b>	<b>36</b>
3.1	Ausgangslage .....	36
3.2	Stichprobe .....	36
3.3	Instrumente .....	38
3.4	Versuchsdurchführung .....	41
3.5	Statistische Auswertung .....	41
3.6	Läsionsanalysen .....	42
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>43</b>
4.1	Aufmerksamkeitsleistungen in der Schädel-Hirn-Trauma-Gruppe (SHT) oder in der Vaskulären/Tumor-Gruppe (VaTu) .....	45
4.2	Aufmerksamkeit im Kontext von rechts- oder linkshemisphärischen Hirnschädigungen .....	53
4.3	Aufmerksamkeit im Kontext von anterioren oder posterioren Hirnschädigungen .....	57
4.4	Aufmerksamkeitsfunktionen und fokale Frontalhirnschädigungen .....	61
4.4.1.	Die Läsionsanalysen der Patienten mit Frontalhirnschädigungen rechts, links oder beidseits .....	61
4.4.2.	Die Ergebnisse der Patienten mit Frontalhirnschädigungen rechts, links oder beidseits in den Aufmerksamkeitsfunktionen .....	64
4.4.3.	Die Läsionsanalysen der Patienten mit Frontalhirnschädigungen dorsolateral-mesial, orbitofrontal oder beidseits .....	73
4.4.4.	Die Ergebnisse der Patienten mit Frontalhirnschädigungen dorsolateral-mesial, orbitofrontal oder beidseits in den Aufmerksamkeitsfunktionen .....	76
4.5	Aufmerksamkeitsfunktionen bei multifokal-diffusen Hirnschädigungen .....	78
4.5.1.	Die Läsionsanalysen der Patienten mit multifokal-diffusen Hirnschädigungen in Aufmerksamkeitsfunktionen der Intensität .....	80
4.5.2.	Die Läsionsanalysen der Patienten mit multifokal-diffusen Hirnschädigungen in Aufmerksamkeitsfunktionen der Selektivität .....	83
4.5.3.	Die Läsionsanalysen der Patienten mit multifokal-diffusen Hirnschädigungen in Aufmerksamkeitsfunktionen des SAS .....	88

<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>89</b>
5.1	Aufmerksamkeitsleistungen in der Schädel-Hirn-Trauma-Gruppe (SHT) oder in der Vaskulären/Tumor-Gruppe (VaTu) .....	89
5.2	Aufmerksamkeit im Kontext von rechts- oder linkshemisphärischen Hirnschädigungen .....	91
5.3	Aufmerksamkeit im Kontext von anterioren oder posterioren Hirnschädigungen .....	92
5.4	Aufmerksamkeitsfunktionen und fokale Frontalhirnschädigungen.....	94
5.5	Aufmerksamkeitsfunktionen bei multifokal-diffusen Hirnschädigungen .....	98
5.6	Selektiv-fokussierte Aufmerksamkeit: Die Diskussion der Befunde der eigenen Verfahren.....	101
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>104</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>107</b>

## **Anhang**

### **Lebenslauf**





**Zusammenfassung:** Ziel dieser Arbeit war eine Darstellung der Zusammenhänge zwischen fokalen (links-, rechtshemisphärische, anteriore, posteriore, frontal links, frontal rechts, frontal beidseits), multifokal-diffusen Hirnschädigungen und verschiedenen neuropsychologischen Aufmerksamkeitsfunktionen in Intensität, Selektivität und Supervisory Attentional System. Der Schwerpunkt lag auf der Erfassung der selektiven Aufmerksamkeit und deren Beziehungen zu Wahrnehmungs- oder Verarbeitungsmodus. Es wurde neben standardisierten Verfahren (Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung TAP/Stroop-Test/Wisconsin Card Sorting Test) auch ein visuelles und ein auditives Go-Nogo-Verfahren sowie ein visuell-räumliches und ein visuell-sprachliches Paper-Pencil-Verfahren eingesetzt. Die Stichprobe umfasste 46 Patientinnen und Patienten nach Schädel-Hirn-Trauma (N=26), vaskulären oder Tumorerkrankungen (N=20) und 30 Kontrollpersonen.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Schädel-Hirn-Traumatisierten unspezifisch verlangsamt waren und auch unter komplexeren Anforderungen der fokussierten und geteilten Aufmerksamkeit keine zusätzliche Verlangsamung aufwiesen. Die vaskulären und Tumorkranken waren in den selektiven Aufmerksamkeitsfunktionen unter kontrollierten Anforderungen stark beeinträchtigt. Wurden Patienten mit rechts- oder linkshemisphärischen Läsionen verglichen, zeigten die Rechtshemisphärischen in der auditiven und visuellen Go-Nogo-Aufgabe qualitative Störungen sowie unter räumlich-selektiven Bedingungen eine ausgeprägte Verlangsamung. Wurden Patienten mit anterioren oder posterioren Läsionen verglichen, waren die Anterioren signifikant schlechter in der phasischen Alertness. Die Posterioren waren unter räumlich-selektiven Bedingungen deutlich verlangsamt. Die Unterschiede zwischen Patienten mit Läsionen frontal links (FL), rechts (FR) oder frontal beidseits (FB) bestanden in einer signifikanten Störung der FL in der phasischen Alertness. Die FR zeigte eine Verlangsamung unter visuell-räumlich selektiven Bedingungen, eine Störung im visuell-räumlichen Explorieren sowie eine Störung in der geteilten Aufmerksamkeit. Die FB war die schlechteste Gruppe in der Denkflexibilität. In diesem Bereich spielte auch der Faktor Alter eine grosse Rolle. Insgesamt gab es zwei Arten von fokussiert-selektiven Aufmerksamkeitsprozessen, einerseits die stimulusbestimmten Reaktions-, andererseits die gedächtnisbestimmten Handlungsprozesse.

Schlüsselwörter: Aufmerksamkeit, Selektivität, fokale Hirnschädigung, diffuse Hirnschädigung

**Abstract:** The aim of this study was to examine the effects of focal (patients with left-, right-hemisphere, anterior, posterior, frontal left, frontal right, frontal bilateral lesions), multifocal-diffuse brain damages on neuropsychological aspects of attention (intensity, selectivity and supervisory attentional system). The focus was the recording of the selective attention and the relation to the modality of perception or the kind of processing. Besides standardized methods (Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung TAP, Stroop Test, Wisconsin Card Sorting Test) a visual and auditory go-nogo task as well as a visual-spatial and visual-verbal paper pencil task were used. The sample covered 46 patients according to traumatic brain injury (n=26), vascular or tumor disease (n=20) plus 30 control subjects.

TBI showed a general slowing of information processing and also under the influence of more complex demands of the focused or divided attention these patients showed no disproportional slowing. The vascular and tumor patients were clearly impaired under controlled selective-focused demands. Patients with right-hemisphere lesions showed qualitative disorders regarding the visual and auditory go-nogo task as well as a clear slow down with regard to spatial-selective conditions. Patients with anterior lesions performed significantly worse in the phasic alertness. The posterior patients had significantly longer reaction times regarding spatial-selective conditions. The differences between the frontal groups resulted in a significant disorder of the frontal left patients in the phasic alertness. The frontal right patients demonstrated impaired information processing with regard to selective-focused visual-spatial conditions, a disorder on exploring as well as a disorder on the divided attention. The frontal bilateral patients were the less advanced with regard to flexibility. The factor of age played also an important role in this area. Overall the findings support the hypothesis of two kinds of selective-focused attention processes – on the one hand the stimulus driven reaction processes and on the other hand the memory driven action processes.

Keywords: Attention, selectivity, focal brain damage, diffuse brain damage



# 1 Theoretischer Kontext

## 1.1 Was ist Aufmerksamkeit? Was ist wichtig bei der Aufmerksamkeit? Weshalb braucht es Aufmerksamkeit?

Der Begriff Aufmerksamkeit meint aus neuropsychologischer Sicht eigentlich ein Konstrukt, welches für eine Vielzahl von Phänomenen oder Verhaltensweisen steht (vgl. Van Zomeren, 1994, Cohen, R.A., 1993). Obwohl Aufmerksamkeitsleistungen und Aufmerksamkeitsstörungen allgegenwärtig sind im klinisch-neuropsychologischen Alltag, da viele Patienten nach Hirnschädigungen über Schwierigkeiten in diesen Bereichen klagen, hat die Neuropsychologie erst in jüngerer Zeit begonnen, sich mit diesen vielen Phänomenen und Verhaltensweisen differenzierter zu beschäftigen. Patienten nach erlittenen Hirnschädigungen berichten, dass „sie sich nicht konzentrieren können“, dass „sie immer müde seien“, dass „es nicht möglich sei, einer Diskussion zu folgen, wenn Lärm und Nebengeräusche da seien“, dass „sie nicht mehr als zwei Dinge auf einmal tun können“, dass „sie den roten Faden in ihren Gedanken oder in einem Gespräch verlieren würden“ oder auch dass „sie bei Arbeiten, die früher schnell und ohne Anstrengung möglich gewesen seien, sich heute sehr anstrengen und übermässig stark konzentrieren müssen“.

Die Aufmerksamkeit manifestiert sich in verschiedener Weise, je nachdem, was eine Aufgabe verlangt. Die intakte Aufmerksamkeit ist die Grundlage für verschiedene kognitive Leistungen bzw. für die allgemeine Leistungsfähigkeit des kognitiven Systems. Wenn Aufmerksamkeitsfunktionen gestört sind, kommt es zu rascher Ermüdbarkeit, zu Ablenkbarkeit und zu verminderter Bewusstseinsheit. Da Aufmerksamkeitsfunktionen die Grundlage für das gesamte kognitive System bilden, können sie nicht klar von anderen kognitiven Funktionen abgegrenzt werden. Es bestehen so zum Beispiel enge Verbindungen und Interaktionen zum Gedächtnis (z.B. insbesondere Arbeitsgedächtnis) und zu den exekutiven Funktionen, aber auch zu Motivations- und emotionalen Prozessen.

Eine besondere Beziehung zu Aufmerksamkeitsprozessen dürfte den Wahrnehmungsprozessen ineliegen. Den meisten Studien, die sich mit Aufmerksamkeitsprozessen beschäftigen, werden visuelle Paradigmen zugrunde gelegt. Dabei wird versucht, die Anforderungen an das visuelle System möglichst niedrig zu halten bzw. Wahrnehmungsprozesse/Prozesse, die mit der „Signal“verarbeitung per se in Verbindung stehen, auszuschalten. Davon abzugrenzen sind die Prozesse, die sich mit der Weiterverarbeitung und Veränderung der „Signa-

le“ beschäftigen. Ob diese beiden Systeme Wahrnehmung und Aufmerksamkeit bzw. entsprechend die beiden Arten von Prozessen überhaupt trennbar sind und in welcher Art sich die Interaktionen gestalten, darauf wird im folgenden noch mehrfach eingegangen werden.

Aufmerksamkeit braucht es also, damit unser kognitives System überhaupt funktionieren kann. Dies ist auch der Grund, weshalb sich die kognitive Psychologie schon länger mit Aufmerksamkeitsprozessen beschäftigt als die Neuropsychologie. Zusätzlich haben mit dem Aufkommen der Computerwissenschaften die Theorien der Informationsverarbeitung begonnen, die Aufmerksamkeitsforschung nachhaltig zu beeinflussen. Je nach Sichtweise benötigen wir Aufmerksamkeitsprozesse, damit wir Engpässen begegnen, damit wir Einschränkungen der Ressourcen überwinden, Störquellen beseitigen und Entscheidungsstörungsfrei übermitteln können. Aktivitäten wie Prioritäten setzen, undeutliches deutlich machen oder verstärken, Stabilität erreichen und räumlich-zeitliche Kohärenz schaffen werden mit Aufmerksamkeitsprozessen verbunden. In der Analyse von Aufmerksamkeitsprozessen geht es somit um Prozesse, die allgegenwärtig sind, die einheitlich oder fragmentiert sein können, spontan oder manipuliert, schnell oder langsam, unbewusst oder bewusst, automatisch oder kontrolliert.

## **1.2 Informationsverarbeitungstheorien und Aufmerksamkeitsmodelle auf dem Hintergrund der kognitiven Psychologie**

Auf der Grundlage von Informationsprozesstheorien wurden allgemeine Aufmerksamkeits-theorien geschaffen. So entstanden in der kognitiven Psychologie Filtermodelle, von denen das bekannteste von Broadbent (1958) beschrieben wurde. Diese Modelle bauten auf dem Behaviorismus auf. In der Vorstellung wurde ein Strom von Informationen veranschaulicht, welcher sich von links nach rechts (von S bis R) bewegte. Es wurde ein frühes Stadium beschrieben, in welchem Stimulusattribute wie Farbe, Intensität oder Lautstärke automatisch in parallelen Kanälen verarbeitet werden. Die Stimulusidentifikation bzw. -selektion und die Reaktionsauswahl finden in den folgenden Stadien der Informationsverarbeitung nach dem selektiven Filter statt. Diese Operationen benötigen eine serielle Informationsverarbeitung. Aufmerksamkeit wird in diesen Modellen in Konzepten von Selektivität und Kapazität beschrieben. Allerdings wurde zu Recht kritisiert, dass ein Filter, welcher zu einer absoluten Blockierung von unwichtigen Informationen führt, nicht erklären kann, wie scheinbar unwichtige Informationen doch mitverarbeitet werden. Es wurde deshalb die Vorstellung eines Abschwächungsfilters eingeführt. Das Modell des Zwei-Stufen-Prozesses wurde dann abgelöst durch das Zwei-Prozess-Modell der Informationsverarbeitung von Shiffrin & Schneider

(1977). Dieses unterscheidet zwischen automatischer (und paralleler) und kontrolliert/bewusster (und serieller) Informationsverarbeitung. Einige Aufgaben, vor allem gut trainierte und/oder überlernte können ganz automatisch ausgeführt werden, während andere, neue und/oder ungewohnte Aufgaben, bewussten Einsatz und Anstrengung erfordern. Automatische Prozesse werden parallel ausgeführt, so dass die Verarbeitungskapazität nicht limitiert ist. Kontrollierte Prozesse hingegen sollen in einer serialen Art und Weise ablaufen, da Interferenzen von anderen und zu anderen Aufgaben bestehen, und sie von zeitlichen Faktoren abhängen. Zwei Arten von Aufmerksamkeitsdefiziten wurden bereits von diesen Autoren beschrieben: Ein Defizit der fokussierten Aufmerksamkeit, wenn eine Reaktion, welche von automatischen Prozessen veranlasst wurde mit einer Reaktion, welche von kontrollierten Prozessen hervorgerufen wurde, interferiert. Ein Defizit der geteilten Aufmerksamkeit resultiert von der begrenzten Kapazität des Systems der kontrollierten Prozesse.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, besteht eine spezielle Verbindung zwischen Wahrnehmung und Aufmerksamkeit. Bereits sehr früh haben sich kognitiv orientierte Psychologen mit dieser Beziehung bzw. möglichen Interaktionen auseinandergesetzt. Hernandez-Péon hat 1949 bereits beschrieben, dass die Aufmerksamkeitsfokussierung zu einer Blockierung des Kreislaufes der sensorischen Informationen führen soll. Die sensorischen Informationen, welche also einen exogenen Faktor darstellen, werden von dem endogenen Faktor Aufmerksamkeit beeinflusst bzw. führen zu einer Interaktion und Weiterverarbeitung durch diesen endogenen Faktor. Diese Überlegungen münden in das Konzept und die damit verbundenen Theorien der visuellen Aufmerksamkeit. Nur über Aufmerksamkeit (Treisman, 1980) kann eine Integration der Informationen (Bild der Aufmerksamkeit als „Leim“ für die sensorischen Informationen) erfolgen.

Theorien der visuellen selektiven Aufmerksamkeit befassen sich mit dem Umstand, dass räumliche Aspekte in der visuellen selektiven Aufmerksamkeit eine wichtige Rolle spielen. Ein räumlicher Zwang ist zum Beispiel, dass die Augen nur in eine Richtung sehen können. Noch bedeutender ist aber auch, dass der Teil der Retina, welcher am sensibelsten für genaues Sehen ist, durch ein schmales Areal rund um die Fovea begrenzt wird. Kopf- und Augenbewegungen sind die Elemente, welche das visuelle System des Gehirns zu einem visuellen Stimulus dirigieren. Diese Prozesse wurden als top-down-Prozesse beschrieben. Auf der anderen Seite kann durch einen Stimulus, der herausragende Eigenschaften besitzt, eine Augenbewegung zu diesem Stimulus hervorgerufen werden, im Sinne eines bottom-up-Prozesses. Der limitierende Faktor in diesem System sind die Augen. Die Theorien der visuellen selektiven Aufmerksamkeit befassen sich nun aber nicht mit den Kopf- und Augenbewegungen, sondern mit den Prozessen, die während einer einzigen Fixation ablaufen. Au-

genbewegungsprozesse werden dann als Folge von Aufmerksamkeitsselektionsprozessen beschrieben und somit nicht als Teil des Selektionsprozesses an und für sich verstanden.

### **1.3 Aufmerksamkeitsdimensionen und -modelle auf dem Hintergrund der Neuropsychologie**

Trotz der Schwierigkeiten Aufmerksamkeitsfunktionen von anderen kognitiven Funktionen abzugrenzen, hat sich in der neuropsychologischen Forschung eine Sichtweise durchgesetzt, welche Aufmerksamkeit durch Mehrkomponentenmodelle zu erklären versucht. In Anlehnung an Van Zomeren et al. (1994) und Sturm (1998), der sich jedoch in den Grundzügen ebenfalls an Van Zomeren anlehnt, werden im folgenden Teilfunktionen der Aufmerksamkeit beschrieben, welche zusammen ein theoretisches Gerüst für das Konstrukt Aufmerksamkeit bilden.

#### **Daueraufmerksamkeit/Vigilanz/Tonische (intrinsische) Alertness**

Es wird von Daueraufmerksamkeit (Sustained attention) gesprochen, wenn eine Aufgabe Aufmerksamkeit über eine relativ lange Zeit erfordert. Ähnlich wird der Begriff der Vigilanz angewendet. In dieser geht es darum, dass über eine lange Zeit nur wenig Reaktionen gefordert sind. Intrinsische Alertness meint einen Zustand der allgemeinen Wachheit. Über eine relativ kurze Dauer werden Reaktionen von hoher Frequenz erbracht (Cohen, R.A. 1993). Es gibt zwei Aspekte in der Daueraufmerksamkeit, erstens die Dauer, wie lange ein bestimmtes Aufmerksamkeitsniveau über eine gewisse Zeiteinheit aufrechterhalten werden kann (Time on Task Effect TOT), zweitens die Konsistenz der Aufmerksamkeit über eine gewisse Zeiteinheit, in welcher Aufmerksamkeitseinbrüche (Lapses of Attention LOA) oder intraindividuelle Variabilität (Intraindividual variability IIV) auftreten können (vgl. Van Zomeren, A.H., 1994).

#### **Orientierungsreaktion/Phasische (extrinsische) Alertness/Arousal/Aktivierung**

Unter diesen Begriffen wird die Fähigkeit verstanden, die Reaktionsbereitschaft auf ein erwartetes Ereignis kurzfristig anheben zu können (Zimmermann, P. und Fimm, B., 1992; Sturm, 2001). Dies ist eine wichtige Funktion der Aufmerksamkeit, da dadurch das System vorbereitet wird, Informationen mit hoher Priorität zu verarbeiten. Phasische Alertness beschreibt also den Zustand von unmittelbar erhöhter Aufmerksamkeit nach einem Warnsignal. Dieses Warnsignal, z.B. ein Warnton, gibt an, dass in kurzer Zeit eine schnelle Reaktion erforderlich sein wird. Die phasische Alertness wird elektrophysiologisch mit der Contingent Negative Variation (CVN) in Verbindung gebracht, einer langsamen Veränderung im Elektroenzephalogramm (EEG) in Erwartung eines kritischen Reizes. Ebner et al. (1987) (nach Zimmermann & Fimm, 1992) fanden heraus, dass bei gewissen Patienten (so unter ande-

rem bei Patienten mit frontalen Läsionen) eine phasische Alertness-Reaktion nicht stattfinden bzw. ausgelöst werden kann.

Entscheidend in der Daueraufmerksamkeit und in der Alertness ist die Aufmerksamkeitsdimension der Intensität.

Im Gegensatz zur Intensität in den beiden oben beschriebenen Aufmerksamkeitsmechanismen, beinhaltet die Selektivität die fokussierte und die geteilte Aufmerksamkeit.

### **Fokussierte Aufmerksamkeit**

Die fokussierte Aufmerksamkeit (focused, auch selective attention) verlangt, dass die Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Quelle gerichtet wird, während andere Informationen ausgeschaltet werden müssen. Es geht also darum, Ablenker, irrelevante Informationen und Interferenzen auszuschalten. Dabei dürfte es sich also um gewisse Hemmungsmechanismen handeln. Bei Störungen kommt es zu Ablenkbarkeit und Interferenzanfälligkeit.

### **Geteilte Aufmerksamkeit**

In der geteilten Aufmerksamkeit (divided attention) wird die Aufmerksamkeit zwischen zwei oder mehreren Quellen geteilt. Nach verschiedenen Autoren (vgl. Zimmermann, P., 1992), S. 20) sind Situationen, in denen im Alltag geteilte Aufmerksamkeit verlangt wird, mehr die Regel als die Ausnahme. Bei Störungen klagen die Patienten über Schwierigkeiten, wenn Situationen bestehen, in denen mehrere Dinge gleichzeitig beachtet werden müssen. Zusätzlich können bisher automatisch ausgeführte Tätigkeiten oft nur noch unter bewusster Aufmerksamkeitsanstrengung erbracht werden. Die geteilte Aufmerksamkeit verlangt gewisse Ressourcen und Kapazitäten.

Neben den aufgeführten Aufmerksamkeitsfunktionen wird noch ein anderer Aspekt beschrieben: Das **Supervisory Attentional System (SAS)** (Shallice, 1982). Dieses System überwacht die Ausführung von hoch spezialisierten Routineprogrammen und ist Bestandteil der exekutiven Funktionen, welche für Planen, Programmieren, Regulieren und Verifizieren von zielgerichtetem Verhalten notwendig sind (Luria, 1966). Diese höchste Ebene in der Hierarchie der Aufmerksamkeitsfunktionen beinhaltet die Fähigkeit zur Integration verschiedenster Prozesse und ermöglicht eine angepasste Flexibilität des Denkens und die flexible Anwendung von Strategien.

Werden die beschriebenen Komponenten zu einem Modell zusammengetragen, so könnte dieses folgende Züge aufweisen (Abbildung 1: Modifizierte Fassung nach Van Zomeren, A. & Brouwer, W., 1994, S. 38). Unklar bleiben in diesem theoretischen Modell jedoch die Beziehungen der Intensität, Selektivität und der Supervisory attentional Control, so z.B. die Verbindungen der einzelnen Komponenten untereinander und die Art der Hierarchien.

## SUPERVISORY ATTENTIONAL CONTROL/SYSTEM

PHASISCHE ALERTNESS  
ORIENTIERUNGSREAKTION  
AROUSAL  
AKTIVIERUNG

GETEILTE  
AUFMERKSAMKEIT

DAUERAUFMERKSAMKEIT  
VIGILANZ  
TONISCHE ALERTNESS

FOKUSSIERTER  
AUFMERKSAMKEIT

### INTENSITÄT

### SELEKTIVITÄT

Abbildung 1: Modell der Aufmerksamkeit (modifizierte Fassung nach Van Zomeren, A. & Brouwer, W., 1994, S. 38): Die zwei Dimensionen der Aufmerksamkeit sind Intensität und Selektivität. Die Supervisory Attentional Control bzw. das Supervisory Attentional System (SAS) kann beide Dimensionen beeinflussen.

### **Räumliche Aufmerksamkeit oder visuelle selektive Aufmerksamkeit**

Sturm (1998) beschreibt in Anlehnung an das Posner'sche Paradigma der räumlichen Aufmerksamkeit (s. auch Abschnitt 1.2 und 1.4) die Komponente der visuell selektiven bzw. räumlichen Aufmerksamkeit.

Leider blieben Versuche, diese Mehrkomponentenmodelle statistisch zu überprüfen, oft wenig erfolgreich. Spikman et. al. (2001) versuchten, drei wichtige neuropsychologische Aspekte der Aufmerksamkeit, nämlich fokussierte Aufmerksamkeit, geteilte Aufmerksamkeit und die Supervisory Attentional Control-Komponente faktorenanalytisch zu ermitteln. Weder in einer gesunden Kontrollgruppe noch in einer Patientengruppe von Schädel-Hirn-Traumatierten liessen sich die Faktoren abbilden. Es wurden zwei Komponenten gefunden, welche in der Gruppe der gesunden Versuchspersonen am ehesten mit Stimulus-geleitete-Reaktion und Gedächtnis-geleitete-Handlung umschrieben wurden. Allerdings veränderte sich das Muster in der Patientengruppe qualitativ. Insgesamt sprachen die Befunde eher für Verände-



rungen, wie sie sich in den bekannten Modellen von automatischen zu kontrollierten Prozessen nachvollziehen könnten. De Jong (1991) und Deland (1995) (nach Spikman et al., 2001, S. 447) beschrieben einerseits eine Speed-Komponente (oder auch Kapazitätskomponente), andererseits auch eine Arbeitsgedächtnis-Komponente (oder auch Kontrollkomponente).

## 1.4 Anatomie und Physiologie

Neben einer rein kognitiven Analyse ist für das Verständnis von Aufmerksamkeitsprozessen die Betrachtung der physiologischen Grundlagen bedeutsam. An der Steuerung der Aufmerksamkeit sind mehrere, z.T. weit auseinanderliegende Hirnsysteme und deren Verbindungen beteiligt.

### 1.4.1. Die mesencephalen reticulären Aktivierungssysteme

Das aufsteigende reticuläre Aktivierungssystem (ARAS) spielt eine entscheidende Rolle bei der Generierung der tonischen Aktivierung. Die *Formatio reticularis* (RF) im mesencephalen Teil des Hirnstamms ist eine netzartige Struktur von Nervenzellverbänden, die über kurze Prozesse miteinander interagieren. Anatomisch ist diese Struktur schwer definierbar. Nach Birbaumer (1996) beginnt sie kurz oberhalb der Pyramidenbahnkreuzung. Sie erhält Bahnen aus vielen Rückenmarkssegmenten und Kollateralen aus den spezifischen Bahnen verschiedener Sinneskanäle. Fasern, welche zum ARAS hinlaufen, entspringen in fast allen Gehirngegenden, vor allem aber im limbischen Kortex und im Thalamus. Die *Formatio reticularis* endet rostral im Thalamusbereich und ein Teil sogar im Hypothalamusbereich. Die Aktivität der *Formatio reticularis* ist durch sensorische Inputs determiniert. Dieser Effekt wird als unspezifisch betrachtet. Das ARAS übt dadurch einen exzitatorischen Einfluss auf das ganze Gehirn aus, insbesondere auch auf die kortikalen Strukturen, und reguliert dessen Aktivierungszustand. Nach Van Zomeren, A. & Brouwer, W., 1994, S. 42, kann zwischen unterem und oberem Teil des ARAS auf funktionaler Ebene unterschieden werden. Die Unterscheidung entspricht den tonischen und phasischen Wechseln der Aktivierung.

Ein weiterer grundlegender Aufmerksamkeitsmechanismus ist der plötzliche Anstieg der Aufmerksamkeit, was auch als Aktiviertheit oder Arousal bezeichnet werden kann. Dieser plötzliche Anstieg der Aufmerksamkeit im Zusammenhang mit bestimmt-gefärbten oder neuen Reizen zeigt sich in einer Orientierungsreaktion, welche charakteristischerweise bei Wiederholung (Habituation) verschwindet. Nach Pribram & McGuiness (Van Zomeren, A. & Brouwer, W. 1994, S. 43) wird Arousal durch zwei reziproke Systeme kontrolliert, welche beide in den Amygdala zusammenlaufen, wobei damit auch ein gewisser emotionaler Anteil des Arousal gegeben ist. Das erste System geht vom dorsolateralen frontalen Kortex aus, das zweite vom orbitofrontalen Bereich. Diese beiden Systeme können hypothalamische Strukturen beeinflussen.

### 1.4.2 Die thalamo-kortikalen Aktivierungssysteme

Phasische Aktivierung im Rahmen von selektiven Aufmerksamkeitsprozessen ist aber, auch nach Birbaumer, N. & Schmidt, R.F., 1996, S. 496, primär eine Funktion des reticulären Kernes des Thalamus in Verbindung mit den mesencephalen retikulären Aktivierungssystemen, vor allem aber auch dem frontalen Kortex und anderen Bereichen des Neokortex. Der Nucleus reticularis thalami wird als das „Tor“ zum Kortex oder auch Aktivierungsverteiler bezeichnet. Durch seine Zellen, welche durch weitverzweigte Dendriten innerhalb und multipolare Axone mit vielen Kollateralen in die spezifischen Thalamuskern und dem Mittelhirn gekennzeichnet sind, ist er für die Selektion der ankommenden sensorischen Informationen ideal.

Neben dem Thalamus spielen aber auch das limbische System und vor allem die Basalganglien in Aufmerksamkeitsprozessen eine wichtige Rolle. Bereits Luria (1973) räumte dem Hippocampus und dem Nucleus caudatus eine wichtige Bedeutung in der Elimination von unwichtigen Reizen ein, indem sie einen Organismus dazu bringen, sich strikte selektiv zu verhalten.

Die Basalganglien wurden in einen afferenten Bereich (Nucleus caudatus und Putamen = Corpus striatum) und einen efferenten Bereich (Globus pallidus) eingeteilt. Dem afferenten Anteil soll dabei eine essentielle Rolle in der selektiven Aufmerksamkeit zur sensorischen Stimulation zukommen, während der efferente Anteil für die motorische Orientierung zur Stimulation ausserhalb des jeweiligen Aufmerksamkeitsfokus wichtig ist.

Alexander & al. (1986) führten die bedeutende Rolle der Basalganglien in Aufmerksamkeitsprozessen aus. Er machte Experimente mit Primaten und fand heraus, dass die Basalganglien einen eigenen Organisations- und Funktionskreis haben sollen, welcher parallel zum Kortex spezifisch arbeitet, wobei aber starke Verbindungen zu Kortex und Thalamus bestehen. Die Autoren postulierten 5 gesonderte Schaltkreise: Den motorischen, den okkumotorischen, den dorsolateralen präfrontalen, den lateralen orbitofrontalen und den anterioren cingulären. Jeder dieser fünf Basalganglien-thalamocorticalen-Schaltkreise schien Inputs von gesonderten kortikalen Arealen zu erhalten, durchlief verschiedene Teile der Basalganglien und des Thalamus und projizierte dann zum gleichen kortikalen Areal, so dass teilweise abgeschlossene Schaltkreise entstanden.

### **1.4.3 Die kortikalen Aktivierungssysteme**

Nach Van Zomeren (1994) hat der Neokortex drei Aufgaben innerhalb der Aufmerksamkeitsprozesse:

Erstens dient er selber als Inputquelle für die *Formatio reticularis* als ein Aktivierungsregulator, wobei hier anatomisch Verbindungsfasern in Frage kommen, welche das deszendierende aktivierende reticuläre System bilden. Die spezifiziertesten Faserbündel kommen von den primären Projektionszonen des Kortex, die allgemeineren Einflüsse auf die *Formatio reticularis* gehen jedoch von den frontalen Regionen aus, so vom orbitalen und medialen frontalen Kortex über die Thalamuskern zum Hirnstamm. Dieses System erlaubt es, dass die höheren Denkebenen des Kortex direkt die tieferen Systeme für ihre Zwecke nutzen können und so komplexere Formen der bewussten Aktivierung möglich machen.

Zweitens dient der Kortex auch als Analysierer von Signalen, welche erwartet werden oder unerwartet auftauchen. Als Entscheidungsinstanz dürfte hier vor allem der präfrontale Kortex eine Rolle spielen, der aus allen Teilen des Neokortex Informationen und das Resultat der (nicht-bewussten) Vergleichsprozesse erhält und gleichzeitig auch aus dem limbischen System über die Motivation und deren Bedeutung informiert wird (vgl. Birbaumer, 1996, S. 499).

Drittens liefert der Kortex eine Repräsentation der Aussenwelt, um neue Stimuli, die Aktivierung hervorrufen, lokalisieren zu können. Hier dürfte vor allem der (rechte) parietale Assoziationskortex von Bedeutung sein, welcher eine interne Repräsentation des Körpers in bezug auf die Aussenwelt zur Verfügung stellt.

## **1.5 Neuropsychologisch-integrative Theorien der Aufmerksamkeit**

Es wurde nun in der Neuropsychologie versucht, Modelle zu schaffen, in welche psychologische Modelle und Hirnstrukturen integriert werden (vgl. Van Zomerén, A.H., 1994).

Stuss & Benson (1986) stellten ein System auf, welches für verschiedene Aufmerksamkeitsstörungen eine Erklärung liefern sollte: Das Frontal-Diencephale-Hirnstamm-System. Dieses beinhaltet das ARAS im Hirnstamm, welches für die tonische Alertness zuständig ist, während das diffuse thalamische System phasische Veränderungen verarbeitet. Das fronto-thalamische-gating System schliesslich ist für die selektive und gerichtete Aufmerksamkeit, sowie komplexeres Verhalten zuständig.

Mesulam (1981) beschreibt ein System für spatiale selektive Aufmerksamkeit, welches vier Komponenten beinhaltet: Die retikuläre Komponente, welche für die zugrundeliegenden Aktivitätsniveaus von Arousal und Vigilanz sorgt. Die limbische Komponente im Gyrus cinguli, welche für die Repräsentation der Motivation zuständig ist. Die frontale Komponente, welche das frontale Augenfeld einschliesst und die motorischen Programme für Exploration, visuelles Scanning, visuelles Abtasten und Fixieren integriert. Die posteriore parietale Komponente, welche die internalisierte sensorische Landkarte beinhaltet. Mesulam postulierte, dass es vier Subtypen von Hemineglect gibt, welche mit diesem Modell übereinstimmen.

Posner & Petersen (1990) stellten aufgrund ihrer Studien an Gesunden und Hirnverletzten ein Aufmerksamkeitsmodell auf, welches ein anteriores und ein posteriores Netzwerk, sowie ein vorwiegend subkortikales Netzwerk annahm. Diese Netzwerke sind eng miteinander verbunden und sind Teil eines komplexen cortico-striato-thalamischen neuronalen Kreises. Die Aufmerksamkeitsverschiebung findet in drei Phasen statt: Losmachen (disengage) - Bewegen (move) - Draufzugehen (engage). Diese Aufmerksamkeitsverschiebung findet statt, bevor die Sakkaden zu diesem Ort ausgeführt werden. Das posteriore Netzwerk ist in die Lokalisation visueller Stimuli involviert. Es sind vor allem der posteriore Parietallappen (disengage), der laterale Pulvinarkern des Thalamus und der Colliculi superiores des Mittelhirnes (move) involviert. Das anteriore Netzwerk ist im Gegensatz zum automatischen oder unwillkürlichen Orientieren des posterioren Netzwerkes in die bewusste und fokussierte Aufmerksamkeitsausrichtung involviert. Das Vigilanznetzwerk ist zuständig für Daueraufmerksamkeit und Alertness. Posner nahm an, dass der rechten Hemisphäre hier besondere Bedeutung zukommt.

## **1.6 Neuropsychologische Studien zu Aufmerksamkeit und Aufmerksamkeitsstörungen im Überblick**

Im folgenden werden Studien im Überblick dargestellt, welche für die nachfolgenden Fragestellungen als relevant erachtet wurden. Es wurde jeweils entsprechend der neuropsychologischen Dimensionen versucht, die Studien inhaltlich (zuerst die Studien zu den Bereichen der Intensität, dann der Selektivität und schliesslich des SAS) sowie innerhalb dieser Bereiche auch in ihrer chronologischen Reihenfolge des Erscheinungsjahres aufsteigend darzustellen.

### **1.6.1. Aufmerksamkeitsstörungen nach Schädel-Hirn-Trauma (CHI), nach vaskulär bedingten oder anderen fokalen cerebralen Läsionen**

In den folgenden Studien wurden Patienten primär aufgrund des Verletzungsmechanismus in den Aspekten der Intensität, der Selektivität und des SAS untersucht:

Parasuraman, R. & al. (1991) untersuchte Daueraufmerksamkeitsleistungen nach milder CHI bei 10 Personen innerhalb des ersten Monats nach der Verletzung, indem er eine Zahlen-Diskriminationsaufgabe mit zwei Stufen von Stimuluserniedrigung (wenig und stark erniedrigt) anwandte. Alle Gruppen zeigten in einer erniedrigten Stimulusbedingung Abweichungen in der Leistung im Verlauf der Zeit. Obwohl sich in der milden CHI-Gruppe keine grösseren Abweichungen in der Vigilanzleistung feststellen liess, kam es in der erniedrigten Stimulusbedingung zu tieferer Sensibilität im Erkennen des Zielstimulus. Die Autoren bemerkten dazu, dass offensichtlich keine Vigilanzstörung unter normalen Bedingungen vorliegen würde (automatisierte Verarbeitung), dass aber in Aufgaben, welche eine andauernde mit Anstrengung verbundene (oder auch mehr kontrollierte) Verarbeitung verlangten, die Leistung einbrechen würde.

Whyte et al. (1995) untersuchte Daueraufmerksamkeitsleistungen nach Schädel-Hirn-Trauma bei 26 Patienten mit einer visuellen Vigilanzaufgabe. Die Schädel-Hirn-Traumatiker zeigten im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ein tieferes Vigilanzniveau (langsamer und variabler) aber auch eine Verschlechterung der Vigilanzleistung (in bezug auf Reaktionszeiten, Variabilität der Reaktionszeiten sowie Antwortbias) im Verlauf der Zeit. Die Leistung war aber nicht korreliert mit den verfügbaren Daten über die Schwere der Hirnverletzung. Die Autoren folgern, dass die Daueraufmerksamkeit in dieser Patientengruppe Störungen aufweist.

Die Aufgaben wurden so angelegt, dass nicht-aufmerksamkeitsbedingte Faktoren (z.B. Wahrnehmungsfaktoren) möglichst keinen Einfluss haben sollten.

In einigen Studien mit dem Stroop-Test, um die Fähigkeit einer Person zu testen, Ablenkung zu ignorieren (fokussierte Aufmerksamkeit und/oder SAS), wurde bei CHI kein Ablenkungseffekt gefunden. In einer anderen Untersuchung wurde nach Spikman, J.M. & al. (1996) mit einem anderen Test ein stärkerer Effekt unter einer Ablenker-Bedingung gefunden. Es konnte aber nicht gezeigt werden, dass dieser Effekt disproportional war. Ähnlich widersprüchliche Resultate wurden auch in Studien zur geteilten Aufmerksamkeit aufgestellt. So zeigten Untersuchungen mit dem PASAT-Test Unterschiede zwischen Patienten und Kontrollpersonen in jedem der vier Untertests. Eine andere Untersuchung belegte, dass diese Unterschiede jedoch proportional waren, so dass wiederum kein spezifischer Prozess ausgemacht werden konnte.

In einer Studie von Spikman et al. (1996) wurden 60 schwere Schädel-Hirn-Traumatiker in einem subakuten Stadium der Erholung mit Tests zur Prüfung der fokussierten Aufmerksamkeit, der geteilten Aufmerksamkeit, der Daueraufmerksamkeit und des Supervisory Attentional Systems untersucht. Ziel der Studie war es zu zeigen, ob eine spezifische Aufmerksamkeitsstörung gefunden werden kann, welche nicht mit einer allgemeinen Verlangsamung im Zusammenhang steht. Patienten waren im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen signifikant schlechter in jedem Test mit Zeitdruck, was auf eine allgemeine Verlangsamung der Informationsverarbeitung hinwies. Auch auf die selbst-geleiteten Aufgaben zur Prüfung des Supervisory Attentional Systems traf dies zu. Es wurden keine Hinweise für eine Störung der Daueraufmerksamkeit gefunden. Nachdem in einer zusätzlichen Datenverarbeitung der Effekt der Verlangsamung und anderer kognitiver Faktoren herausgefiltert wurde, bestanden keine Unterschiede mehr zwischen den Gruppen in der fokussierten und in der geteilten Aufmerksamkeit. Es blieb noch ein Unterschied in einem Test für das Supervisory Attentional System (modifizierter Card Sorting Test) bestehen.

Vilkkil et al. (1996) untersuchten mittels Single-Task und Dual-Task-Paradigmen 28 akute und 40 subakute Schädel-Hirn-Traumatiker sowie 20 Patienten mit fokalen anterioren Läsionen und 21 Patienten mit fokalen posterioren Läsionen. Im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigten akute Schädel-Hirn-Traumatiker mehr Defizite in der Dual-Task-Bedingung, aber subakute Schädel-Hirn-Traumatiker und fokal anterior gestörte Patienten zeigten keine Störung in der geteilten Aufmerksamkeit. Die akuten Schädel-Hirn-Traumatiker zeigten weiter keine Störung in der Single-Task-Bedingung. Die fokal anteriore Patientengruppe war zu-

sätzlich besser als die fokal posteriore Gruppe in der Dual-Task-Aufgabe, so dass sich hier keine spezifischen Effekte auf fokale frontale Läsionen nachweisen liessen.

Cohen et al. (1999) untersuchten Störungen der Aufmerksamkeit bei 12 Patienten, bei denen eine Cingulotomie durchgeführt worden war. Sie fanden bei den Patienten zu Beginn diffuse Störungen in vielen Aufmerksamkeitsbereichen und in den exekutiven Funktionen. Nach 12 Monaten waren die Defizite in der geteilten und fokussierten Aufmerksamkeit nunmehr als leicht einzustufen. Die grössten Einschränkungen zeigten diese Patienten in Aufgaben, welche Antrieb/Intentionale Prozesse und spontane Antwortproduktionen verlangten.

Park, N.W. & al. (1999) untersuchten Störungen der geteilten Aufmerksamkeit nach Schädel-Hirn-Traumen. In einem ersten Experiment wurde eine Patientengruppe nach schwerem Schädel-Hirn-Trauma mit einer Kontrollgruppe verglichen, indem zwei Aufgaben, welche Working Memory verlangen separat und miteinander ausgeführt werden mussten. Schädel-Hirn-Traumatiker zeigten eine schlechtere Leistung, wenn beide Aufgaben miteinander ausgeführt werden mussten, aber nicht, wenn separat gearbeitet wurde. Im zweiten Experiment wurde der PASAT durchgeführt, wobei beide Gruppen bessere Leistungen zeigten, wenn zwischen den Versuchen ein grösseres Intervall eingelegt wurde. Eine Metaanalyse zeigte zudem, dass Schädel-Hirn-Traumatiker nur gestörte geteilte Aufmerksamkeitsleistungen zeigen, wenn eine Aufgabe kontrollierte Prozesse, aber nicht, wenn sie nur automatische Prozesse involvierte.

Leclercq et al. (2000) untersuchten die Leistung in Dual-Task-Aufgaben bei schweren diffusen Schädel-Hirn-Traumatikern und Patienten mit vaskulär bedingten präfrontalen Hirnschädigungen mittels einfacher visueller Reaktionszeiten in einer randomisierten Zahlengenerierungsaufgabe. Beide Patientengruppen hatten unter der Dual-Task-Bedingung eine schlechtere Leistung, aber nicht in der einfachen Bedingung. Die Autoren schlossen daraus, dass sowohl schwere Schädel-Hirn-Traumatiker als auch Patienten mit vaskulär bedingten frontalen Hirnschädigungen eine Störung in der geteilten Aufmerksamkeit aufweisen als Zeichen einer Störung in der zentralen Exekutive.

## **Zusammenfassung**

Einige Autoren, u.a. Van Zomeran (1994) und Spikman et al. (1996), gehen davon aus, dass Aufmerksamkeitsleistungen bei Schädel-Hirn-Traumatikern wenig bis nicht gestört sind. So weist Van Zomeran darauf hin, dass die Vigilanz nicht gestört ist, und es kaum empirische Belege dafür gibt, dass mit der fokussierten Aufmerksamkeit etwas nicht stimmt. Nur in der



geteilten Aufmerksamkeit wird eine unspezifische Verlangsamung bemerkt, welche annähernd proportional zum Schwierigkeitsgrad verlaufen soll. In der phasischen Alertness weisen elektrophysiologische Daten auf eine weniger spezifische Vorbereitung hin. Diese Befunde werden aber durch Verhaltensdaten nicht belegt.

Spikman et al. (1996) beschreiben zusammenfassend die Befunde verschiedener Untersuchungen. Sie weisen auf die Schwierigkeit hin, dass je nach Untersuchungsdesign Verarbeitungsgeschwindigkeit und andere Aspekte der Aufmerksamkeit (Planung, Hemmung, Koordination und Flexibilität) vermischt werden, so dass verschiedenes gemessen wird, und sich die Ergebnisse sehr unterschiedlich präsentieren. Die Autoren erwähnen, dass die Abwesenheit von Daueraufmerksamkeitsstörungen bei CHI mit Aufgaben belegt werden, in welchen Patienten ihr eigenes Geschwindigkeits- oder Qualitätsniveau bestimmen können. Wenn die Parameter des Time on Task Effects oder der anwachsenden intraindividuellen Variabilität benutzt werden, zeigt sich, dass sich die Leistung der Patientengruppe nicht mehr verändert als diejenige der Kontrollpersonen. Auf der anderen Seite finden andere Autoren mit Aufgaben, welche eine Fehleranalyse erlauben, eine grössere Inkonsistenz bei Patienten im Verlauf der Zeit. Dabei soll vor allem dann ein Time on Task Effect gefunden werden, wenn die Aufgabe sehr anstrengend ist und somit vermehrt kontrollierte Aufmerksamkeitsprozesse benötigt werden. Untersuchungen zur fokussierten Aufmerksamkeit sind eher wenige vorhanden.

Im Gegensatz dazu wird das Dual-Task-Paradigma oft untersucht und als Paradigma zur Untersuchung von Störungen der geteilten Aufmerksamkeit, aber auch des zentralen exekutiven Systems angeführt. Die Aufgaben, die verwendet werden, sind ausschliesslich visueller Art. In diesen Untersuchungen der geteilten Aufmerksamkeit bestehen sehr widersprüchliche Ergebnisse. Insbesondere zeigen einige Autoren, dass Effekte nicht disproportional verlaufen, so dass keine Hinweise für spezifische Störungen bestehen. Neuere Untersuchungen zur geteilten Aufmerksamkeit und zu Aufgaben zum Supervisory Attentional System beobachten aber spezifische Effekte. Diese scheinen allerdings nicht spezifisch für die Art der Läsionen (SHT, vaskulär bedingte Hirnschädigungen) und für die Lokalisation der Schädigung (anterior, posterior, diffus) zu sein.

### 1.6.2. Frontalhirn und Aufmerksamkeit

Im folgenden werden Studien aus den Bereichen Neuropsychologie, Neurophysiologie und Neuroradiologie an gesunden Personen beschrieben:

Pardo & al. (1991) untersuchte 23 gesunde Personen mit PET<sup>1</sup> während zwei Aufgaben, welche Daueraufmerksamkeitsleistungen verlangen. In der somatosensorischen Vigilanzaufgabe mussten sich die Versuchspersonen auf ihren rechten oder linken grossen Zehen konzentrieren, um kurze Pausen von Berührungen zu entdecken, welche sie mitzählen mussten. In der visuellen Vigilanzaufgabe mussten die Versuchspersonen Helligkeitsunterschiede von einer dunklen zentralen Fixationsmarke feststellen. Die Resultate zeigten, dass ein Zuwachs im Blutfluss in den präfrontalen und superioren parietalen Regionen des Kortex vor allem in der rechten Hemisphäre stattfand und zwar unabhängig von der Modalität oder der Seite des sensorischen Inputs.

Lewin, J.S. & al. (1996) untersuchte 16 gesunde Personen mit Hilfe des funktionellen MRI, während sie eine visuelle Daueraufmerksamkeitsaufgabe bearbeiteten. Es wurde überwiegend eine rechts frontale und parietale Aktivierung beobachtet mit statistischer Signifikanz für den rechten Frontallappen. Der Vergleich mit früheren Daten aus einer PET-Studie erbrachte sehr ähnliche Aktivitätsmuster, so dass die Aktivierung der rechten mittleren Frontalwindung und des rechten Parietallappens während einer visuellen Vigilanzaufgabe bestätigt wurde.

Rueckert & al. (1996) untersuchte die Rolle des Corpus callosum in der Daueraufmerksamkeit. In einer früheren Studie fand die Autorin, dass eine Korrelation zwischen der Effizienz der interhemisphärischen Kommunikation und Daueraufmerksamkeit bestand. Sie liess je 12 Kinder im Alter von 6,8 und 10 Jahren folgende Aufgaben ausführen: Die Kinder mussten gleichzeitig mit der rechten und linken Hand eine gerade Linie ziehen oder einen Kreis zeichnen. Die Vigilanzaufgabe bestand darin, dass die Kinder auf eine „X“ möglichst schnell reagieren mussten, wobei das Interstimulus-Intervall variierte. Es wurde dann ein Index für die Störanfälligkeit zwischen den Hemisphären erstellt, wobei die Kinder in zwei Gruppen eingeteilt wurden: Eine Gruppe mit tiefem Index und eine Gruppe mit hohem Index. Es zeigte sich, dass die Kinder mit dem hohen Index signifikant schlechter in der Vigilanzaufgabe abschnitten, indem sie mehr Signale ausliessen, wenn eine relativ lange Periode zwischen den einzelnen Signalen blieb (18 Sek.). Kinder mit tiefem Index zeigten keinen signifikanten

---

<sup>1</sup> Positronen-Emissions-Tomographie

ISI-Effekt, so dass angenommen wurde, dass sie über eine genügende Selbstregulation der Daueraufmerksamkeit verfügten.

Sturm et al. (1999) untersuchten 15 gesunde Versuchspersonen mit einer Aufgabe zur intrinsischen Alertness (einfache Reiz-Reaktionsaufgabe) im PET. Sie postulierten ein fronto-parietal-thalamisches-Hirnstamm-Netzwerk in der rechten Hemisphäre.

Corbetta, M. et al. (1991) untersuchte in einer PET-Studie die visuelle Unterscheidung von Form, Farbe oder Geschwindigkeit unter Bedingungen der selektiven und der geteilten Aufmerksamkeit. Aufmerksamkeit zu Geschwindigkeit aktivierte eine Region im linken inferioren Parietallappen. Aufmerksamkeit zu Farbe aktivierte eine Region im kollateralen Sulcus und dorsolateralen Teil des occipitalen Kortex, während Aufmerksamkeit auf die Form Teile im kollateralen Sulcus, Gyrus fusiformis und parahippocampalis, sowie im Temporallappen aktivierte. Neben dem visuellen System wurde unter selektiven Bedingungen der Globus pallidus, Nucleus caudatus, der laterale orbitofrontale Kortex, der posteriore Thalamus/Colliculus und die Insulär-Prämotorischen Regionen aktiviert, während unter Bedingungen der geteilten Aufmerksamkeit das anteriore Cingulus und der dorsolaterale präfrontale Kortex rechts aktiviert wurden.

Nach einer PET-Studie (Bench, C.J. et al., 1993), in welcher der Stroop-Test in zwei Experimenten bei je sechs gesunden Personen angewandt wurde, war im ersten Experiment die Leistung im Stroop-Tests verbunden mit Aktivierung in rechts orbitofrontalen und bilateralen parietalen Strukturen. Im zweiten Experiment wurden Änderungen vorgenommen, um die Studie von Pardo et al. (1990) möglichst zu replizieren. Hierbei zeigte sich eine fokale Aktivierung im rechten Cingulus anterior und im rechten polaren frontalen Kortex. Es zeigte sich in beiden Experimenten signifikante Zeiteffekte. In weiterführenden Analysen wurde gezeigt, dass ein weitgefächertes Netzwerk in den vorderen Hirnregionen involviert war, sowie eine reziproke Hemmung von posterioren Strukturen stattfand.

In einer Studie von Sabatino, M. et al. (1996) wurden 12 gesunde Personen mit neuropsychologischen Tests unter kontrollierten Bedingungen und während transcranieller magnetischer kortikaler Stimulation untersucht. Es wurde ein verbaler Test (ein spezifischer Buchstabe unter verschiedenen), sowie ein visuell-räumlicher Test (drei verschiedene räumliche Ausrichtungen eines Quadrates unter verschiedenen) durchgeführt. Diese beiden Tests wurden als links- bzw. rechtshemisphärisch angenommen. Magnetische Stimulation im präfrontalen Bereich führte zu einer signifikanten Reduktion der Verarbeitungszeit in beiden Tests, jeweils ohne Anstieg der Fehlerzahl. Die Autoren schlossen daraus, dass der präfron-

tale Kortex sehr wichtig sei für Aufgaben, welche ein hohes Niveau an kontrollierte Verarbeitung bzw. selektive Aufmerksamkeit stellen.

Passingham (1996) untersuchte mittels PET, wie Versuchspersonen arbeiten, wenn zwei Aufgaben gleichzeitig durchgeführt werden müssen. Dabei konnte er zeigen, dass während einer neuen Aufgabe (Lernen von neuen motorischen Sequenzen, Lernen einer neuen Wortliste) insbesondere der präfrontale Kortex und der anteriore Cingulus extensiv aktiviert waren. Diese waren jedoch nicht mehr länger aktiv, wenn das Gelernte geübt worden war.

Baker et al. (1996) untersuchten 6 gesunde Personen mittels PET bei der Turm-von-London-Aufgabe. Bei dieser Aufgabe wurde die Aktivierung eines Netzwerkes beobachtet, welches präfrontale, cinguläre, prämotorische, parietale und occipitale kortikale Strukturen involvierte. Mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad der Aufgabe kam es zu stärkerer Aktivierung insbesondere auch des rostralen präfrontalen Gebietes, weswegen die Autoren diesem Gebiet besondere Funktionen beim Planen (Selektion und Evaluation) zusprechen.

Madden et al. (1997) untersuchte normale jüngere und ältere Versuchspersonen mittels PET in einer Aufgabe zur geteilten Aufmerksamkeit. Es zeigte sich eine bilaterale dorsolaterale frontale Aktivierung. Aufgaben, welche die Überwachung zweier Sequenzen innerhalb des gleichen Wahrnehmungskanals beinhalten, sind dabei kognitiv anspruchsvoller als Aufgaben, welche mit zwei verschiedenen Wahrnehmungskanälen operieren. Interessanterweise waren bei den Jüngeren in dieser Aufgabe zur geteilten Aufmerksamkeit vor allem eine occipitale Aktivierung und bei den Älteren eine vermehrte bilaterale frontale Aktivierung gegeben.

Benedict et al. (1998) untersuchten die auditive Modalität und Aufmerksamkeitsprozesse mittels PET. Es wurde bei 7 jungen erwachsenen Männern eine auditive Variante des CPT (Continuous Performance Test), welche eine einfache, eine fokussierte und eine geteilte Bedingung einschloss, angewandt. Einfache Reaktionszeiten erbrachten eine weite Aktivierung im anterioren Cingulus und im rechten anterioren/mesialen Frontalhirn. Fokussierte und Geteilte Aufmerksamkeit unterschied sich in den Aktivierungsmustern kaum. Es zeigte sich ein anteriores Netzwerk während fokussierter und geteilter auditiver Aufmerksamkeit ohne Einbezug von posterioren Aufmerksamkeitsstrukturen. Dabei wurden insbesondere das anteriore Cingulus, ein dorsaler Teil in Form des mesialen und superioren rechten Frontallappens und ein rostraler Teil in Form einer Aktivierung im rechten anterioren Frontallappen aktiviert. Weitere Regionen, die ebenfalls aktiviert waren, waren der linke prämotorische Kortex und das rechte Cerebellum. Zusätzlich zeigte sich in dieser Studie, dass das Hören

von Silben sowie das Hören von Texten den superioren Temporallappen involvierte. Das Hören von Silben aktivierte ebenfalls ein schmales Band des anterioren Cingulus.

Schnitker et al. (2002) untersuchten die gerichtete auditive Aufmerksamkeit. Es wurde der Einfluss von auditivem Material und der Aufgabenkomplexität auf das Ausmass und die Qualität geprüft. Alle Untersuchungsbedingungen führen zu einem bilateralen fronto-parieto-anterioren-cingulären Aktivierungsnetzwerk. Je anspruchsvoller und komplexer die Aufgabe war, desto mehr fand sich eine bilaterale Aktivierung. In allen Bedingungen fand sich aber auch ein rechtshemisphärisches frontoparietales Netzwerk.

## **Zusammenfassung**

In verschiedenen PET-Studien mit gesunden Versuchspersonen zeigt sich, dass das rechte Frontalhirn und das rechte Parietalhirn eine prominente Rolle in der Daueraufmerksamkeit und in der geteilten Aufmerksamkeit spielen könnten. Auch der Cingulus anterior scheint in diesen Funktionen mitbeteiligt zu sein. In Alertness und Vigilanzaufgaben konnte ein weitverzweigtes rechtshemisphärisches Netzwerk mit Einbezug des Gyrus cinguli anterior, des dorsolateralen präfrontalen Kortex, des unteren parietalen Kortex sowie auch subkortikaler Strukturen beschrieben werden. Diese weite rechtshemisphärische Aktivierung scheint unter visuellen und auditiven Bedingungen immer gegeben zu sein und auf eine unspezifische Aktivierung als eine Voraussetzung zur Informationsverarbeitung hinzuweisen. Die Befunde weisen weiter darauf hin, dass unter selektiven Bedingungen vor allem Strukturen der Basalganglien und des dorsolateralen präfrontalen Kortex involviert sind. Je selektiver (anspruchsvoller oder komplexer) eine Aufgabe gestaltet wird, desto mehr dürfte die linke Hemisphäre bzw. eine bilaterale frontale und frontoparietale Aktivierung stattfinden. Widersprüchliche Ergebnisse zeigen sich je nach Versuchsanordnung, so dass in gewissen Untersuchungen unter selektiven Bedingungen auch der orbitofrontale Kortex involviert war. Hier könnte aber der Grad der Selektivität entscheidend sein, d.h. je bewusster und kontrollierter selektive Aufmerksamkeitsleistungen erbracht werden müssen, desto eher würde der dorsolaterale präfrontale Kortex mitbestimmend sein. Unklarheiten sind weiter zu verzeichnen, wenn der Stroop-Test eingesetzt wird. Es wird jedoch bei Gesunden vermehrt eine Aktivierung im rechten Frontallappen erreicht. Schliesslich zeigt sich auch in PET-Studien, dass bei besonderen Anforderungen an Aufmerksamkeitsprozesse (wenn neues gelernt wird; auch bei Planungsaufgaben) insbesondere der präfrontale Kortex und der anteriore Gyrus cinguli aktiviert werden.

### **1.6.3. Frontalhirnschädigungen und Aufmerksamkeit**

In Patientenstudien ergibt sich ein eher diffuses Bild, was die Beziehungen zwischen Aufmerksamkeitsleistungen und vor allem Frontalhirnläsionen betreffen.

Störungen in der Daueraufmerksamkeit bei Frontalhirnläsionen wurden beschrieben bei Patienten mit rechts frontalen Läsionen. So verglichen Rückert, L. und Grafman, J. (1996), Patienten mit Frontalhirnläsionen und Kontrollpersonen. Sie verwendeten dazu die „X“-Form des Continuous Performance Test, welche verlangt, dass die Versuchspersonen auf den Buchstaben „X“ reagieren, aber nicht auf andere Buchstaben. Eine andere Aufgabe war auf eine Geschichte zu achten und auf spezifische Zielinformationen zu reagieren. Obwohl die Autoren von einer Daueraufmerksamkeitsleistung ausgehen, ist nicht zu übersehen, dass die beschriebenen Tests eigentlich sehr wohl auch andere Aspekte der Aufmerksamkeit (so vor allem fokussierte und selektive) verlangen. Patienten mit Frontalhirnläsionen zeigten längere Reaktionszeiten und liessen mehr Zielstimuli aus als die Kontrollpersonen. Es kam noch hinzu, dass rechts frontale Patienten mit der Zeit schlechter wurden. Die Autoren schlossen daraus, dass eine spezielle Rolle der rechten Frontallappen für das Aufrechterhalten der Aufmerksamkeit über die Zeit vorliegt.

Godefroy, O. et al. (1994) untersuchten die Vigilanz und Effekte der Ermüdung, der Übung und der Motivation auf einfache Reaktionszeittests an Kontrollpersonen und an Patienten mit Läsionen im präfrontalen Kortex, vor allem in basofrontalen Strukturen. Die Resultate zeigten, dass Ermüdungs- und Übungseffekte die Reaktionszeitdifferenzen zwischen den Gruppen nicht beeinflussten. Es bestand ein Motivationseffekt, welcher aber nicht signifikant war. Die Patientengruppe zeigte keine Defizite in der Vigilanzaufgabe im Sinne von abnehmendem Verlauf.

Audet et al. (2000) untersuchten 46 Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen und 37 Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen mit einer einfachen Reaktionsaufgabe, mit einer Daueraufmerksamkeitsaufgabe und einer Aufgabe zur phasischen Alertness. Es ergaben sich keine Unterschiede zwischen rechts- und linkshirngeschädigten in der einfachen Reaktionsaufgabe, im Time on Task Effect und in der Kapazität, sich auf einen angekündigten Reiz vorzubereiten. Die Autoren folgern daraus, dass rechtshemisphärische vs. linkshemisphärische Einteilungen nicht genügen.

Perret (1974) fand in einer Studie mit dem Stroop-Test, welcher die Interferenzanfälligkeit prüfen soll heraus, dass Patienten mit links frontalen Schädigungen schlechter abschnitten als Patienten mit anderen Läsionen oder Kontrollpersonen.

Ruff, R.M. et al. (1992) wendete den von ihm entwickelten 2 und 7 Aufmerksamkeitstest bei 30 Patienten, welche an einer unilateralen Schädigung entweder begrenzt auf die vordere oder hintere Region litten. Die Resultate zeigten, dass Patienten mit einer rechtshemisphärischen Schädigung den Test signifikant schlechter lösten als linkshemisphärische Geschädigte. Er schloss daraus, dass die rechte Hemisphäre wichtig ist für willentliche und intentionale Aspekte der Aufmerksamkeit. Patienten mit rechts frontalen Schädigungen arbeiteten nicht nur langsamer, sondern auch weniger genau als die anderen Patientengruppen. Obwohl alle Patientengruppen langsamer waren als die Kontrollgruppe, waren die linksfrontalen Patienten genauso genau wie die Kontrollgruppe.

In einer Studie von Vendrell et al. (1995) wurde der Stroop-Test an 32 Patienten mit frontalen Läsionen untersucht, wobei die Patienten einige Monate nach chirurgischen Eingriffen (Tumoresektionen, Hämatomevakuierung) untersucht wurden. Signifikante Unterschiede zwischen Patienten und Kontrollpersonen wurden in der Anzahl Fehler, nicht aber in den Reaktionszeiten gefunden. Regressionsanalysen zeigten, dass die Region, welche am engsten mit der Fehlerzahl korrelierte, der rechte laterale präfrontale Kortex war. Lobektomien links führten nicht zu einer Störung in der Leistung im Stroop-Test. In einer Reihe von Untersuchungen konnte jedoch auch keine erhöhte Interferenzneigung bei Patienten mit frontalen Schädigungen gefunden werden.

In der Untersuchung von Godefroy, O. & Rousseaux, M. (1996) ging es um geteilte und fokussierte Aufmerksamkeit an Patienten mit Störungen des präfrontalen Kortex. 11 Patienten mit Aneurysmaruptur der Arteria communicans anterior wurden mittels MRI, neuropsychologischen Tests und Verhaltenseinschätzung untersucht. Es wurden in einem ersten Experiment einfache Reiz-Reaktionsaufgaben gestellt, welche unimodal oder bimodal (möglicher Wahrnehmungskanal unsicher, kann ipsimodal oder crossmodal sein) präsentiert, jedoch sukzessive dargeboten wurden. Insofern handelte es sich bei dieser Aufgabe nicht um eine Prüfung der geteilten Aufmerksamkeit, welche eine parallele Darbietung erfordern würde. Die Resultate zeigten, dass die Reaktionszeitendifferenz zwischen Patienten und Kontrollpersonen anwuchs, wenn die Modalität (auditiv oder visuell) unsicher war. In einem zweiten Experiment wurde zur Prüfung der fokussierten Aufmerksamkeit eine Go-Nogo-Testung durchgeführt. Die Resultate zeigten, dass die Patienten sensibel auf irrelevante Stimuli blieben. Der beste Prädiktor für Aufmerksamkeitsstörungen, wie sie in dieser Untersuchung

erfasst wurden, war eine im MRI erfasste Läsion im linken dorsolateralen Teil des präfrontalen Kortex, sowie im Kopf des Nucleus caudatus. Die von einem unabhängigen Prüfer durchgeführte Einschätzung auf einer Ablenkbarkeitsskala korrelierte mit Defiziten in der geteilten und fokussierten Aufmerksamkeit.

In einer Studie von Partiot et al. (1996) wurden Patienten mit präfrontalen Läsionen verglichen mit Parkinson-Patienten, Patienten, welche an progressiver supranucleärer Blickparese leiden und einer Kontrollgruppe. Die Autoren beschrieben ein spezifisches Muster, welches sie an Patienten mit unilateralen vaskulär-ischämischen Läsionen des präfrontalen Kortex mit Hilfe von verzögerten Reaktions-Paradigmen fanden. (1) Ein Defizit im visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnis in extern geführten Experimenten; (2) eine Schwierigkeit im Lernen und Übertragen von Regeln in intern geführten Experimenten; (3) eine spontane Tendenz, automatisiertes Verhalten auszuführen. Alle drei Patientengruppen zeigten Störungen im räumlichen Kurzzeitgedächtnis in der extern geführten Situation. Patienten mit Dysfunktion in striatalen Strukturen zeigten Schwierigkeiten, die Aufmerksamkeit auf ein neues Programm zu lenken und aufrechtzuerhalten. Sie zeigten aber die Probleme der Patienten mit Schädigung in präfrontalen Strukturen nicht, welche deutliche Schwierigkeiten hatten, spontan abzuwechseln und sich von früheren Mustern zu lösen. Für die Autoren wiesen diese Resultate auf ein funktionelles striato-frontales System hin, welches zwei verschiedene Stufen beinhaltet: Ausarbeitung von neuen Verhaltensprogrammen in Verbindung mit Hemmung von altbewährten, was der Kontrolle der Frontallappen unterliegen würde; Aufrechterhalten des neuen Programms bis zur Ausführung und Automatisierung, was unter der Kontrolle des Striatum stehen würde.

In der ähnlichen Studie von Verin et al. (1993) wurde eine delayed response Aufgabe an einer Patientengruppe mit dorsolateralen präfrontalen Läsionen, einer Patientengruppe mit postzentralen Läsionen und einer Kontrollgruppe durchgeführt. Es wurden vier Experimente gemacht. Die präfrontale Patientengruppe zeigte ein spezifisches Defizit in der delayed response Aufgabe (mit externem Hinweisreiz), ein stereotypes Verhalten in der delayed alternation Aufgaben und eine gewisse Unfähigkeit, Regeln herzuleiten und zu übersetzen (delayed non-alternation Aufgabe und reversal Aufgabe). Hauptsächlich fiel dabei eine gewisse Schwierigkeit auf, vorhergehende Verhaltensweisen zu verlassen. Die Autoren zeigten damit auf, dass der präfrontale Kortex insbesondere in der Verhaltensanpassung an neue, sich verändernde Situationen eine besondere Rolle spielte. Vorher automatisierte Reaktionsweisen müssen gehemmt werden.



In einer Studie von Stuss (1995), in welcher 6 Patientengruppen (Linksfrontal, Rechtsfrontal, Bilateral Frontal, Links Nichtfrontal, Rechts Nichtfrontal) verschiedener Ätiologie in bezug auf drei Aspekte selektiver Aufmerksamkeit (Interferenz-, Negatives Priming und Returnhemmung) untersucht wurden, zeigte sich, dass Hirngeschädigte im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen einerseits eine signifikante Verlangsamung, andererseits aber auch läsionsspezifische Aufmerksamkeitsauffälligkeiten aufwiesen. Die Rechts frontale Gruppe (eingeschlossen die bifrontale Gruppe) zeigte eine mit der Komplexität der Aufgabe verbunden anwachsende Interferenzanfälligkeit. In der linksposterioren Gruppe kam es zu erhöhter Returnhemmung in den meisten komplexen Aufgaben, während die linksfrontale Gruppe diese Störung nur im Zusammenhang mit zunehmender Komplexität entwickelte. Rechtsfrontale und Rechts Nichtfrontale schliesslich zeigten einen deutlichen Verlust in allen negativen Priming-Aufgaben auf allen Schwierigkeitsstufen, während Linksfrontale und links Nichtfrontale dies nur im Zusammenhang mit steigendem Schwierigkeitsgrad aufwiesen.

Rushworth et al. (1997) untersuchte die verdeckte Aufmerksamkeitsverschiebung (als motorische Aufmerksamkeit bezeichnet in Abgrenzung zur Orientierungsreaktion oder phasischen Alertness). Beide Patientengruppen (9 Patienten mit Störungen im rechten Parietallappen und 9 Patienten mit Störungen im linken Parietallappen) waren langsamer als die Kontrollgruppe unter validen und invaliden Vorhinweisreizen. Es zeigte sich aber, dass Patienten mit Störungen im linken Parietallappen eine überproportional schlechtere Leistung zeigten bei invalidem Reiz. Die Autoren sprechen dem linken Parietallappen eine besondere Rolle in der motorischen Aufmerksamkeit bzw. in der Sequenzierung von Bewegungen zu und stellen eine Verbindung zu apraktischen Symptomen her.

Eine Übersichtsarbeit von D'Esposito et al. (1999) berichtet über die Leistung in delayed Antwort-Aufgaben. Die Autoren gehen davon aus, dass bei Patienten mit Störungen im präfrontalen Kortex diese zentrale Exekutive gestört ist und stellen Verbindungen zum Arbeitsgedächtnis her. Im Gegensatz dazu sind einfache verbale und visuell-räumliche Merkspannen nicht abhängig von der Funktionstüchtigkeit des präfrontalen Kortex. Eine differenziertere Auswertung ergab, dass die Leistung in delayed Antwort-Aufgaben auch von Störungen in bestimmten Regionen abhängt, so zum Beispiel eine verbale Aufgabe vom linken ventrolateralen präfrontalen Kortex. Dorsolaterale Läsionen insbesondere in der rechten Hemisphäre sollen räumliche delayed Antwort-Aufgaben beeinflussen. Sobald zusätzlich Distraktoren eingesetzt werden, sollen die dorsolateralen Regionen innerhalb von Brodmann Area 9/46 besonders verantwortlich sein.

In der Arbeit von Murray et al. (1998) wurde den Einflüssen von fokussierten und geteilten Aufmerksamkeitsbedingungen auf die gesprochene Sprache bei sehr leichten Formen von Aphasie nachgegangen. Die Frage war, wie Aufmerksamkeitsdefizite mit Kommunikationsfähigkeiten interagieren würden. Es wurden 14 Aphasiepatienten (sehr milde Formen von Aphasien) und 8 Kontrollpersonen untersucht. Es wurde eine Bildbeschreibung durchgeführt isoliert oder zusammen mit einer Ton-Diskriminierungsaufgabe. Die Aphasiker zeigten einen Leistungsabfall in der Kommunikation (morphosyntaktisch, lexikalisch, pragmatisch), sobald von der isolierten auf die geteilte Aufmerksamkeitsbedingung umgeschaltet wurde (weniger syntaktisch vollständige Sätze, weniger Wörter, mehr Wortfindungsprobleme).

## **Zusammenfassung**

In verschiedenen Patientenstudien zeigt sich, dass der rechte Frontallappen mit Daueraufmerksamkeitsleistungen in Zusammenhang gebracht werden kann. Schädigungen im rechten Frontallappen sollten aber auch zu Schwierigkeiten in der fokussierten und geteilten Aufmerksamkeit führen. Insbesondere wird hervorgehoben, dass rechts frontal geschädigte Patienten qualitativ weniger gut arbeiten verglichen mit anderen Patientengruppen. Hier ergeben sich aber auch widersprüchliche Resultate je nach Untersuchungsdesign. Unter selektiven Bedingungen im Sinne eines Go-Nogo-Verfahrens wurde vor allem die Bedeutung des linken dorsolateralen Frontalhirns und auch der Basalganglien, so insbesondere des Nucleus caudatus, hervorgehoben. Aus verschiedenen Studien ergeben sich Hinweise, dass Patienten mit einer Schädigung im präfrontalen Kortex Mühe in der Ausarbeitung von neuen Verhaltensprogrammen haben, was mit der Hemmung von altbewährten Prozessen einhergehen muss. Bei diesen Patienten sind auch Störungen im Arbeitsgedächtnis zu erwarten. Unklar bleiben in diesen Patientenstudien, inwieweit links- und/oder rechtshemisphärisch typische Störungen bestehen und inwiefern materialspezifische Einflüsse von allgemeinen Einflüssen der Aufmerksamkeit getrennt werden können. Eine Untersuchung bei Patienten mit leichter Aphasie zeigt jedoch wie subtil sich diese Zusammenhänge im Rahmen von automatischen bzw. kontrollierten Prozessen sowie verarbeitungsspezifischen Einflüssen bei Hirngeschädigten gestalten könnten.

## 1.7 Versuch eines integrativen neuropsychologischen Rahmenmodells der Aufmerksamkeitsprozesse unter Berücksichtigung theoretischer und diagnostischer Aspekte

In Anlehnung an Sturm (1998, 1999, 2001), Van Zomeren et al. (1994) und Zimmermann et al. (1992) soll nun versucht werden, möglichst viele Aspekte der Neuropsychologie der Aufmerksamkeit (Aufmerksamkeitsbereiche, kritische Läsionsgebiete, entsprechende Paradigmen und Instrumente) in einen theoretischen Rahmen einzufügen. Dabei sollen die Instrumente, welche in dieser Arbeit durchgeführt wurden, berücksichtigt werden.

Tabelle 1: Aufmerksamkeitsbereiche, kritische Läsionsgebiete, entsprechende diagnostische Paradigmen und Instrumente, die in dieser Arbeit integriert wurden

Dimension	Aufmerksamkeitsbereich	Kritische Läsionsgebiete	Paradigma	Instrumente
I N T E N S I T Ä T	<b>Aufmerksamkeitsaktivierung (intrinsisch und extrinsisch)</b>	Hirnstammanteil der Formatio reticularis, dorsolateraler präfrontaler und inferiorer parietaler Kortex der rechten Hemisphäre	Einfache visuelle oder auditive Reaktionsaufgaben ohne oder mit Warnreiz	TAP Alertness Go Test auditiv Go Test visuell
	<b>Daueraufmerksamkeit</b>	Anteriorer Anteil des Cingulum (nur bei starkem Anteil der Alertness)	Langandauernde einfache Signalentdeckungsaufgaben hoher Anteil relevanter Stimuli	TAP Alertness Deux Barrages AD-RA-Test
	<b>Vigilanz</b>		Niedriger Anteil relevanter Stimuli	

<b>S E L E K T I V I T Ä T</b>	<b>Selektive oder fokussierte Aufmerksamkeit</b>	Fronto-thalamische Verbindungen, insbesondere zum N. reticularis des Thalamus, dorsolateraler und besonders inferiorer frontaler Kortex der linken Hemisphäre, anteriorer Anteil des Cingulum	Wahlreaktionsaufgaben Aufgaben mit Störreizen zwecks Distraction	Go-Nogo auditiv Go-Nogo visuell Deux Barrages AD-RA-Test Stroop-Test
	<b>Visuell-räumliche selektive Aufmerksamkeit</b>	Hinterer parietaler Kortex, Colliculi superiores, posterior-lateraler Thalamus insbesondere Pulvinar	Aufgaben, welche den Wechsel der Aufmerksamkeit von einem räumlichen Fokus zum anderen verlangen	TAP Verdeckte Aufmerksamkeitsverschiebung Deux Barrages AD-RA-Test
	<b>Geteilte Aufmerksamkeit</b>	Präfrontaler Kortex, Anteriores Cingulum	Aufgaben, welche eine Verteilung der Aufmerksamkeit auf zwei oder mehrere Informationskanäle erfordern (z.B. Dual Task-Paradigma)	TAP Geteilte Aufmerksamkeit
<b>S A S</b>	<b>Arbeitsgedächtnis  Denkflexibilität</b>	Präfrontaler Kortex	Aufgaben zum Arbeitsgedächtnis  und zur kognitiven Flexibilität	TAP Arbeitsgedächtnis Stroop-Test Wisconsin Cards Sorting Test

## 2 Fragestellung und Hypothesen

In dieser Arbeit wird den Zusammenhängen zwischen Hirnschädigungen traumatischer, vaskulärer oder Tumor-Genese, fokalen oder diffusen Schädigungen, der Lokalisation und den erhaltenen oder gestörten Aufmerksamkeitsleistungen nachgegangen. Ein besonderer Schwerpunkt soll auf die anterioren Hirnstrukturen gelegt werden, wobei aber sowohl den anterioren/posterioren als auch den rechts- und linkshemisphärischen Strukturen in ihrer Bedeutung für die Aufmerksamkeit nachgegangen wird. Dabei muss berücksichtigt werden, dass ein Teil der Patienten bilaterale fokale oder auch diffuse Hirnschädigungen aufweisen, welche bis anhin mehrheitlich in Untersuchungen ausgeblendet wurden.

Ein besonderes Augenmerk soll auf Fragestellungen gelegt werden, die den Einflüssen von modalitäts- und verarbeitungsspezifischen Aspekten nachgehen. In der Aufmerksamkeitsforschung wird immer wieder versucht, diese Aspekte von der Aufmerksamkeit zu trennen, obwohl dies schlussendlich nicht möglich ist. Weiter sind vor allem Aufmerksamkeitsleistungen, welche im Alltag anzutreffen sind bzw. die Wirklichkeit im Alltag simulieren sollen, (was für die klinische Arbeit unverzichtbar ist), natürlich nie vom Wahrnehmungsmodus und/oder Verarbeitungsmodus trennbar.

Schliesslich sollen insbesondere Leistungen zur selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit beachtet werden, da diese offensichtlich bis anhin kaum differenzierter im Kontext zu anderen Aufmerksamkeitsleistungen untersucht wurden.

Aus diesen Überlegungen ergeben sich in dieser Arbeit vier verschiedene Bereiche von grundlegenden Fragestellungen:

- 1) Welche Aufmerksamkeitsbereiche sind bei Patienten nach SHT bzw. vaskulärer Erkrankung beeinträchtigt? Können Aufmerksamkeitsleistungen überhaupt verglichen werden zwischen zwei Gruppen, welche nur hinsichtlich ihres Verletzungsmechanismus unterschieden werden und somit ein überaus heterogenes Bild von Patienten darstellen dürften, was Art der Lokalisation und Ausmass der Schädigungen betrifft?
- 2) Welche Läsionsmuster ergeben sich bei verschiedenen Aufmerksamkeitsstörungen? Welche Aspekte von Aufmerksamkeitsstörungen werden vor allem rechts- oder linkshemisphärischen, anterioren oder posterioren Störungen zugeordnet?

- 3) Welche quantitativen und qualitativen Aspekte der Aufmerksamkeit sind insbesondere bei Frontalhirnverletzten gestört? Welche Hinweise lassen sich gewinnen, wenn einerseits rechtes und linkes Frontalhirn, andererseits aber auch der dorsolaterale (DLF) und orbitofrontale (OBF) Kortex mitberücksichtigt werden? Welche Unterschiede gibt es zwischen uni- und bilateralen Frontalhirnschädigungen?
- 4) Gibt es Möglichkeiten, die vielfältigen Formen der Aufmerksamkeitsstörungen und der klinischen Erscheinungsbilder der Patienten mit bilateralen und/oder multifokal-diffusen Störungen abzubilden, welche in der Klinik oft angetroffen werden, die aber a priori empirisch aufgrund der Komplexität ihrer Läsionen kaum untersucht werden können?

## **2.1 Hypothesen zu Aufmerksamkeitsfunktionen in der Schädel-Hirn-Trauma-Gruppe (SHT) und in der Vaskulären/Tumor-Gruppe (VaTu)**

Mit Blick auf die Studien von Van Zomeren (1994) und Spikman et al. (1996) muss davon ausgegangen werden, dass Aufmerksamkeitsleistungen der Intensität und Selektivität bei Schädel-Hirn-Traumatikern wenig bis nicht gestört sind. Einzig in Aufgaben zum SAS könnten Unterschiede bestehen. Deshalb werden die folgenden 3 Hypothesen formuliert.

### **Hypothese 1**

Schädelhirntraumatiker sind im Vergleich zur Kontrollgruppe in einfachen Reiz-Reaktionszeiten (Go-visuell, Go-auditiv) unabhängig vom Wahrnehmungskanal (visuell-auditiv) verlangsamt. Sie zeigen aber keine Störung der Daueraufmerksamkeit in Form von signifikant mehr Lapses of Attention oder einem erhöhten Time on Task Effect.

### **Hypothese 2**

Schädelhirntraumatiker sind im Vergleich zur Kontrollgruppe in der Selektivität nicht verlangsamt, d.h. weder im Bereich der fokussierten Aufmerksamkeit unter auditiven oder visuellen Go-Nogo-Bedingungen noch im Bereich der geteilten Aufmerksamkeit in zwei verschiedenen Wahrnehmungskanälen lässt sich eine disproportionale Verlangsamung feststellen.

### **Hypothese 3**

Schädelhirntraumatiker sind im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant schlechter im SAS, so im Arbeitsgedächtnis im Sinne von qualitativ schlechteren und ineffizienteren Arbeitsgedächtnisleistungen (mehr Auslassungen und Fehlreaktionen) und in der Denkflexibilität im Sinne von vermehrt perseverativen und auch nicht-perseverativen Fehlern.

Hypothesen zur Gruppe der Patienten mit vaskulären oder Tumorerkrankungen sind aufgrund der fehlenden Studien bzw. sehr heterogener Gruppenzusammensetzung für eine solche Gesamt-Population kaum möglich. Es soll aber dem Einfluss und der Interaktion zwischen spezifischen Verarbeitungsstörungen und den selektiv-fokussierten Aufmerksamkeitsleistungen am Beispiel der Patienten mit Restaphasie nachgegangen werden.

### **Hypothese 4**

Patienten mit Sprachstörungen (Restaphasie) zeigen in der fokussiert-selektiven Aufmerksamkeit einen signifikanten Unterschied zwischen den zwei verschiedenen Wahrnehmungsmodi (visuell vs. auditiv) und den Verarbeitungsmodi (visuell-räumlich vs. visuell-sprachlich) in bezug auf Verarbeitungsgeschwindigkeit bzw. Verarbeitungsgenauigkeit (Anzahl Richtige, Anzahl Auslassungen).

## **2.2 Hypothesen zu Aufmerksamkeit im Kontext von rechts- oder linkshemisphärischen Hirnschädigungen**

Entsprechend den Untersuchungen zur funktionellen Bildgebung, aber auch den Patientenstudien wird erwartet, dass Patienten mit Läsionen in der rechten Hemisphäre insbesondere Störungen im Bereich der Intensität zeigen in Form von Verlangsamung. Allerdings könnte durchaus sein, dass keine Unterschiede in einfachen Reiz-Reaktionszeiten bestehen (vgl. Audet et al., 2000). Im Bereich der Selektivität wird in der selektiv-fokussierten und in der geteilten Aufmerksamkeit erwartet (vgl. Ruff et al. 1992), dass rechtshemisphärische Patienten schlechter abschneiden in Form von fehlerhaftem Arbeiten. Im Stroop-Test sind Hypothesen schwierig zu treffen, die Mehrheit der Arbeiten (vgl. z.B. Bench et al. 1993; Vendrell et al. 1995) würden aber für eine schlechtere Leistung der Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen sprechen. Aufgrund der vielfach belegten Hinweise für die Bedeutung der rechten Hemisphäre in der Verarbeitung visuell-räumlicher Reize wird in der räumlichen Aufmerksamkeitsverschiebung eine Verlangsamung erwartet (gegenüber Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen).

### **Hypothese 1**

Patienten mit Läsionen in der rechten Hemisphäre (RHL) zeigen im Vergleich zur Kontrollgruppe (KG) eine signifikante Störung der Aufmerksamkeitsintensität im Sinne einer signifikanten Verlangsamung in einfachen visuellen und auditiven Reaktionszeiten. In den einfachen Reaktionsleistungen unterscheiden sich die RHL und die KG auch in der Streuung der visuellen und auditiven Reaktionszeiten. Patienten mit Läsionen in der linken Hemisphäre (LHL) zeigen keine signifikanten Unterschiede zur Kontrollgruppe. Die beiden Patientengruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

### **Hypothese 2**

RHL zeigen in der Selektivität in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo und in beiden Durchstreichtests im Vergleich zur Kontrollgruppe und zur LHL signifikant schlechtere Leistungen (Auslassungen und Fehler). Die LHL und die KG unterscheiden sich nicht signifikant.

### **Hypothese 3**

RHL zeigen in der Selektivität in der geteilten Aufmerksamkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe und zur LHL signifikant schlechtere Leistungen in Bezug auf die Bearbeitungsqualität (Auslassungen).



#### Hypothese 4

RHL zeigen in der Selektivität im Stroop-Test im Vergleich zur Kontrollgruppe und zur LHL signifikant schlechtere Leistungen im Sinne einer übermässigen Verlangsamung in der 3. Bedingung (Zeitliche Differenz zu 1. Bedingung) und signifikant mehr Fehler im 3. Durchgang.

#### Hypothese 5

RHL zeigen in der Selektivität in der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit in der validen und invaliden Bedingung nach links im Vergleich zur KG und zur LHL eine signifikante Verlangsamung.

## **2.3 Hypothesen zu Aufmerksamkeit im Kontext von anterioren oder posterioren Hirnschädigungen**

Es wird erwartet, dass Patienten mit posterioren Läsionen in einfachen Reaktionszeiten langsamer sind als Patienten mit anterioren Läsionen (Corbetta, 1991, 1995). Patienten mit anterioren Läsionen dürften demgegenüber in allen Bereichen der Selektivität unter stark kontrollierten Bedingungen (Rückert, 1996; Godefroy, 1996) und im SAS (Arbeitsgedächtnis/Denkflexibilität) eine zusätzliche Verlangsamung aufweisen, die Patienten mit posterioren Läsionen (Sabatino, 1996) nicht zeigen. Eine besondere Funktion soll den anterioren Strukturen in der phasischen Alertness zukommen (Zimmermann, 1992; Sturm, 2001).

### **Hypothese 1**

Patienten mit Störungen in anterioren Strukturen (AL) sind im Bereich der Intensität signifikant schneller als Patienten mit Störungen in posterioren Strukturen (PL) in einfachen visuellen oder auditiven Reaktionszeiten. Beide Gruppen sind im Vergleich zur KG verlangsamt.

### **Hypothese 2**

AL sind im Bereich der Intensität signifikant schlechter im Kennwert der phasischen Alertness im Vergleich zur PL oder zur KG.

Aufgrund der Bedeutung posteriorer (parietaler) Strukturen für die räumliche Aufmerksamkeitsverschiebung (vgl. Rushworth, 1997; Sturm, 1999) wird davon ausgegangen, dass Patienten mit posterioren Läsionen in dieser Funktion langsamer sind als Patienten mit anterioren Läsionen. In Aufgaben mit Möglichkeiten zur automatisierten Aufmerksamkeitsverarbeitung im selektiv-fokussierten Bereich mit bestimmten Wahrnehmungsinhalten so z.B. visuell (Form) dürfte den posterioren wahrnehmungsverarbeitenden Strukturen eine besondere Bedeutung zukommen (Corbetta, 1991).

### **Hypothese 3**

PL sind in der Selektivität in der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit signifikant langsamer in der Verschiebung der Aufmerksamkeit im Vergleich zur AL oder KG.

### **Hypothese 4**

PL sind in der Selektivität in der visuellen und in der auditiven Go-Nogo-Aufgabe signifikant langsamer als die AL oder KG. Dabei spielt es keine Rolle, wie gross das Intervall-Interstimulus ist (0 oder 4).

### **Hypothese 5**

AL zeigen im SAS im Arbeitsgedächtnis eine übermässige Verlangsamung im Vergleich zur PL und zur KG.

## **2.4 Hypothesen zu Aufmerksamkeitsfunktionen und fokalen Frontalhirnschädigungen**

Entsprechend den Studien zur funktionellen Bildgebung (vgl. z.B. Lewin et al., 1996) und den Patientenstudien (z.B. Rückert et al. 1996) wird erwartet, dass Patienten mit rechts frontalen Schädigungen signifikant schlechter in Bereichen der Intensität abschneiden als Patienten mit links frontalen Schädigungen. Ebenfalls dürfte die rechts frontale Patientengruppe signifikant schlechter im Bearbeiten von selektiven Aufmerksamkeitsaufgaben sein (fokussiert oder geteilt), welche stark kontrollierte Prozesse erfordern (vgl. Sabatino et al., 1996; Benedict et al. 1998). In Aufgaben mit auditiver Komponente würden dabei ebenfalls Patienten mit rechts frontalen Schädigungen schlechter als Patienten mit links frontalen Schädigungen abschneiden. Im visuell-räumlichen Explorieren im Sinne einer systematischen und kontrollierten Exploration dürfte insbesondere der dorsolaterale präfrontale Kortex eine besondere Rolle spielen bzw. Patienten mit Störungen in diesem Bereich Schwierigkeiten aufweisen.

### **Hypothese 1**

Patienten mit rechts frontalen Schädigungen (FR) (und Patienten mit bilateralen frontalen Schädigungen (FB)) zeigen eine signifikante Störung in der Aufmerksamkeitsintensität (Intrinsische Alertness/Daueraufmerksamkeit) im Vergleich zu Patienten mit links frontalen Schädigungen (FL) und im Vergleich zur Kontrollgruppe (KG). Dies betrifft eine signifikante Verlangsamung in einfachen visuellen und auditiven Reaktionszeiten, eine erhöhte Anzahl von Lapses of Attention und auch einen signifikant erhöhten Time on Task Effect in Aufgaben, die stark kontrollierte Prozesse verlangen.

### **Hypothese 2**

FL (und FB) sind signifikant schlechter im Kennwert der phasischen Alertness als die FR und die KG. Die FL (und FB) sind auch qualitativ auffälliger, indem vermehrt antizipierte Antworten auftreten.

### **Hypothese 3**

FR (und FB) zeigen eine signifikante Störung in der Selektivität in der visuell-räumlich fokussierten Aufmerksamkeit in bezug auf Bearbeitungsgeschwindigkeit im Vergleich zur FL und KG. Die FL (und FB) arbeiten in der visuell-verbalen Aufmerksamkeit signifikant langsamer als die FR und die KG.

#### Hypothese 4

FR (und FB) zeigen eine signifikante Störung in der Selektivität im Vergleich zur FL und zur Kontrollgruppe in der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit im Sinne einer Explorationsstörung. Dies zeigt sich durch das signifikant häufigere Auslassen von ganzen Zeilen in der visuell-räumlichen und visuell-verbalen fokussierten Aufmerksamkeit im Vergleich zur FL und zur Kontrollgruppe, welche sich nicht unterscheiden.

#### Hypothese 5

FR (und FB) zeigen eine signifikante Störung in der Selektivität in der geteilten Aufmerksamkeit. Die FR (und FB) arbeiten gegenüber der KG und der FL qualitativ signifikant schlechter (Auslassungen, Fehlreaktionen).

In Aufgaben zum SAS, d.h. in Aufgaben, die anspruchsvoll sind aufgrund der Komplexität und/oder Neuheit müsste insbesondere damit gerechnet werden, dass Patienten mit bilateralen frontalen Hirnschädigungen schlechter abschneiden als Patienten mit unilateralen (vgl. Baker et al. 1996; Passingham et al. 1996; Schnitker et al. 2002). Bei besonders starker Aktivierung (Alertness-Komponente) oder speziellem Einsatz von Distraktoren wird erwartet, dass insbesondere auch Patienten mit rechts frontalen Läsionen eine signifikante Störung aufweisen (vgl. D'Esposito et al. 1999).

#### Hypothese 6

FB (und FR) zeigen im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikante Störungen im SAS im Arbeitsgedächtnis. Dabei zeigt sich eine signifikante Verlangsamung von FR und FB im Verhältnis zu einfachen Reaktionszeiten und signifikant mehr Auslassungen und Fehlreaktionen im Vergleich zur KG und zur FL.

#### Hypothese 7

FB (und FR) zeigen im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikante Störungen im SAS in der Denkflexibilität (Anzahl perseverative und nonperseverative Fehler). Im Bereich der perseverativen Fehler schneidet die FB am schlechtesten ab, d.h. insbesondere signifikant schlechter als die KG und die FL.

In Bereichen der Selektivität in selektiv-fokussierten Aufgaben scheinen weitverzweigte Netzwerke unter Einschluss des orbitofrontalen und/oder dorsolateralen Kortex aktiv zu sein (vgl. Corbetta et al., 1991; Sabatino et al. 1996). Allerdings dürfte in der Selektivität in der geteilten Aufmerksamkeit vermehrt der dorsolaterale Kortex involviert sein (vgl. Corbetta et al. 1991). In Aufgaben zum SAS, d.h. in Aufgaben, die anspruchsvoll sind aufgrund der Komplexität und/oder Neuheit müsste insbesondere damit gerechnet werden, dass Patienten mit dorsolateralen präfrontalen Läsionen und/oder ausgedehnten Läsionen unter Einschluss des dorsolateralen präfrontalen Kortex schlechter abschneiden als Patienten mit

Störungen des orbitofrontalen Kortex (vgl. Godefroy et al. 1996; D'Esposito et al. 1999). Hypothesen zum orbitofrontalen Kortex sind aufgrund der Literatur kaum herzuleiten. Allgemein würde man aber Verhaltensauffälligkeiten im Sinne einer mangelnden Hemmung von Reaktionen erwarten.

#### Hypothese 8

Die KG, DLF, OBF und DL-OF unterscheiden sich in der Selektivität weder in der fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo noch in der visuell-räumlich oder visuell-sprachlich selektiven Aufmerksamkeit voneinander.

#### Hypothese 9

Die KG, DLF, OBF unterscheiden sich in der Selektivität in der geteilten Aufmerksamkeit in bezug auf die Anzahl Auslassungen und Fehlreaktionen voneinander, indem die DLF schlechter abschneidet als die KG oder die OBF.

#### Hypothese 10

DLF und DL-OF zeigen signifikant schlechtere Leistungen im SAS im Arbeitsgedächtnis in bezug auf die Auslassungen und Fehlreaktionen im Vergleich zur KG. DLF und DL-OF zeigen auch signifikant mehr Auslassungen und Fehlreaktionen als die OBF.

#### Hypothese 11

DLF und DL-OF zeigen signifikant schlechtere Leistungen im SAS in der Denkflexibilität als die KG oder die OBF mit signifikant höherer Anzahl perseverativer Fehler. In der Anzahl nonperseverativer Fehler zeigen die OBF (und DL-OF) signifikant schlechtere Leistungen als die KG.

## 3 Methode

### 3.1 Ausgangslage

Da es im klinischen Bereich kaum möglich ist, genügend grosse Stichproben mit eng umschriebenen Läsionsbereichen zu rekrutieren, wurde ein pragmatischer Ansatz gewählt. Insbesondere Patienten mit Schädel-Hirn-Traumen leiden oft unter verschiedenartigen bilateralen Hirnschädigungen. Patienten mit vaskulären Ereignissen oder Tumoren sind in der Schädigung der Hemisphäre sicherlich umschriebener, dafür können jedoch sehr weite Gebiete betroffen sein. Es wurden deshalb beide Patientengruppen miteinbezogen. Weiter mussten Läsionsanalysen durchgeführt werden.

### 3.2 Stichprobe

Es wurden 46 Patientinnen/Patienten und 30 Kontrollpersonen untersucht. Die 30 Kontrollpersonen waren normalgesunde Personen aus dem Umfeld der Untersucherin, welche freiwillig in der Untersuchung mitarbeiteten. Es wurden alle Verfahren (auch die bereits normierten) in gleicher Art und Weise mit den Kontrollpersonen wie mit dem Patientinnen/Patienten durchgeführt. In der Patientengruppe hatten 26 Patienten ein Schädel-Hirn-Trauma erlitten. 20 Patienten litten an einer Hirnschädigung aufgrund eines vaskulären Ereignisses (Blutung, Schlaganfall) oder an einem Tumor. Die Patienten befanden sich in einem subakuten Stadium ihrer Hirnschädigung (1-6 Monate nach Ereignis).

Tabelle 2: Die Beschreibung der Stichprobe anhand von Alter, Geschlecht, Schulbildung und Art der Ausbildung.

	Kontrollgruppe N=30	Patientengruppe N=46	Kennwert	p
<b>Alter</b>	M=44.8 s=11.1	M=39.4 s=13.3	F=3.289	>.05
<b>Geschlecht</b>			$\chi^2=.464$	>.05
Männer	20	34		
Frauen	10	12		
<b>Schulbildung</b>	M=9.8 s=1.5	M=9.7 s=1.5	F=.072	>.05
<b>Ausbildung</b>			$\chi^2=2.813$	>.05
Keine	2	5		
Anlehre	0	1		
Lehre	21	24		
Fachhochschule	4	10		
Akademiker	3	6		

In bezug auf die Patientengruppen zeigte sich, dass aufgrund der Art des Verletzungsmechanismus die Schädel-Hirn-Trauma-Gruppe (SHT) wie erwartet die jüngsten Patienten aufwies bzw. in dieser Gruppe nur ein Patient mit Alter > 50 Jahre anzutreffen war. Demgegenüber waren die Patienten in der Gruppe mit vaskulären oder Tumor-Erkrankungen (VaTu) durchschnittlich älter ( $F=11.193$ ,  $df=2$ ,  $p<.001$ ) (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Die Beschreibung der Patientengruppen (SHT und VaTu) anhand von Alter, Geschlecht und Schulbildung

	KG N=30	SHT N=26	VaTu N=20	Kennwert	df	p
<b>Alter</b>	M=44.8 s=11.1 Min.=22 Max.=63	M=33.2 s=12.0 Min.=16 Max.=52	M=47.6 s=10.4 Min.=27 Max.=66	$F=11.193$	2	<.001
<b>Geschlecht</b>				$\chi^2=1.806$	2	>.05
Männer	20	21	13			
Frauen	10	5	7			
<b>Schulbildung</b>	M=9.8 s=1.5	M=9.5 S=1.3	M=9.9 s=1.6	$F=.455$	2	>.05

### **3.3 Instrumente**

Es wurden teilweise standardisierte neuropsychologische Untersuchungsverfahren eingesetzt. Zusätzlich wurden einige Verfahren spezifisch im Hinblick auf die Fragestellungen dieser Untersuchung erstellt. Folgende Verfahren kamen zur Anwendung:

#### **Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) nach Zimmermann und Fimm (1992)**

##### **TAP Alertness**

Einfacher Reiz-Reaktionstest zur Bestimmung der tonischen (intrinsischen) und phasischen (extrinsischen) Alertness. Die Versuchsperson muss auf eine Taste drücken, wenn ein Kreuz in der Mitte des Bildschirms erscheint. Es gibt zwei Versuche (1. und 4. Durchgang) ohne Warnton, sowie zwei Versuche (2. und 3. Durchgang) mit Warnton, wobei ein ABBA-Design (A=Durchführung ohne Warnreiz; B=Durchführung mit Warnreiz) besteht. Ausgewertet wird nach Reaktionszeit (Median, SD), antizipierten Antworten, Auslassungen, Ausreissern unter beiden Versuchsbedingungen, weiter wird ein phasischer Kennwert ermittelt.

##### **TAP Verdeckte Aufmerksamkeitsverschiebung**

Die Versuchsperson muss möglichst schnell auf ein Kreuz reagieren, welches links oder rechts eines Fixationspunktes erscheint. Vor Erscheinen des Kreuzes, wird in der Mitte des Bildschirms ein Hinweisreiz in Form eines Pfeils dargeboten, der zu 80% zur richtigen Seite (valide Bedingung) zu 20% zur falschen Seite (invalide Bedingung) zeigt. Ausgewertet wird nach Reaktionszeit (Median, SD) in den vier möglichen Bedingungen (valide Bedingung rechts, links; invalide Bedingung rechts, links), antizipierten Antworten, Ausreissern sowie Anzahl Richtige in den vier möglichen Bedingungen.

##### **TAP Geteilte Aufmerksamkeit**

Es handelt sich bei diesem Test um eine Dual-Task-Aufgabe, in der gleichzeitig zwei Reizdarbietungen parallel bearbeitet werden müssen: Die visuelle Aufgabe, in der das Erkennen eines kleinen Quadrates (gebildet durch vier Kreuze) gefordert ist und die auditive Aufgabe, in der bei alternierend hohen und tiefen Tönen zwei hohe oder tiefe Töne erkannt werden müssen. Ausgewertet wird nach Reaktionszeit (Median, SD) antizipierten Antworten, Auslassungen, Ausreissern und Fehlreaktionen.



## **TAP Arbeitsgedächtnis**

Es muss auf eine auf dem Bildschirm dargebotene einstellige Zahl reagiert werden, wenn diese gleich der vorletzten Zahl ist. Geprüft wird eine kontinuierliche Kontrolle des Informationsflusses durch das Arbeitsgedächtnis. Ausgewertet wird nach Reaktionszeit (Median, SD), antizipierten Antworten, Auslassungen, Ausreissern und Fehlreaktionen.

## **Eigene Verfahren**

### **Go-Test visuell rsp. Go-Test auditiv**

Im Go-Test visuell geht es darum, auf einen einfachen visuellen Reiz (Vertikaler schwarzer Balken in der Mitte des Bildschirms) möglichst schnell zu reagieren (10 Reaktionszeiten). Ausgewertet wird nach Reaktionszeit (Median, SD). Im Go-Test auditiv geht es darum, auf einen einfachen auditiven Reiz (Bellen eines Hundes) möglichst schnell zu reagieren (10 Reaktionszeiten). Ausgewertet wird nach Reaktionszeit (Median, SD).

### **Go-Nogo-Test visuell rsp. Go-Nogo-Test auditiv**

Es geht bei den folgenden beiden Tests um die Fähigkeit, auf relevante Reize möglichst schnell zu reagieren bzw. die Reaktion auf irrelevante Reize zu unterdrücken. Es wurde zum Vergleich ein einfacher Reaktionstest mit den relevanten Reizen vorgeschaltet, um Vergleichsreaktionszeiten vorweisen zu können (GoTest visuell/GoTest auditiv s.oben). Die beiden Verfahren sind visuell und auditiv gleich aufgebaut. Es müssen 160 Reize verarbeitet werden, wobei die Aufgabe so programmiert ist, dass der Testbeginn zufällig gewählt wird. Die relevanten Reize treten dabei in den Intervallabständen 0, 1, 2, 3 oder 4 auf. Es wird darauf geachtet, dass die Aufgaben, was die Anforderungen an Wahrnehmung und Gedächtnis betrifft, möglichst einfach gehalten werden.

### **Go-Nogo visuell**

Die Aufgabe beinhaltet drei Reize (Vertikaler schwarzer Balken, Linksschräger Balken – 45%, Rechtsschräger Balken +45%), wobei nur auf den Vertikalen Balken reagiert werden muss. Als zusätzlichen Fall einer Reaktionsunterdrückung werden besonders kritische Reize gewählt (Vertikaler roter Balken), bei denen auch nicht reagiert werden darf. Ausgewertet wird nach Reaktionszeit (Median, SD insgesamt und in allen 5 Zusatzbedingungen je nach Intervallabständen IVI 0-5), nach antizipierten Antworten, Auslassungen und Fehlreaktionen sowie auch verspäteten Reaktionen.

### **Go-Nogo auditiv**

Die Aufgabe beinhaltet drei Reize (Geräusche: Bellen eines Hundes, Trompeten eines Elefanten, Brüllen eines Löwen), wobei nur auf das Bellen des Hundes reagiert werden muss. Als zusätzlichen Fall einer Reaktionsunterdrückung werden besonders kritische Reize gewählt (Leises Bellen des Hundes), bei denen auch nicht reagiert werden darf. Ausgewertet wird nach Reaktionszeit (Median, SD insgesamt und in allen 5 Zusatzbedingungen je nach Intervallabständen IVI 0-5), nach antizipierten Antworten, Auslassungen und Fehlreaktionen sowie auch verspäteten Reaktionen.

### **Deux Barrages (nach Zazzo)**

In diesem Test geht es um die Fähigkeit, relevante visuell-räumliche Reize möglichst schnell und exakt aus einer Menge irrelevanter Reize herauszusuchen. Da es sich um einen Papier-Bleistift-Test handelt, kommen Aspekte der visuell-räumlichen Verarbeitung hinzu. Auf einem A3-Blatt hochgestellt werden in 25 Spalten und 40 Zeilen 1000 Zeichen dargeboten. Die Zeichen umfassen ein kleines Quadrat mit Strich, wobei acht mögliche Positionen des Striches vorkommen. Es müssen zwei kritische Reize gleichzeitig herausgesucht werden (Position gerade nach links; Position schräg nach unten rechts). Ausgewertet wird nach Richtigen, Auslassungen, Falschen (Mittelwert, SD), zusätzlich nach Korrelationen mit der Zeit, Auslassungen Links/Rechts, Auslassungen Ganze Zeilen.

### **Eigenes Verfahren**

#### **AD-RA-Test**

In diesem Test geht es um die Fähigkeit, relevante visuell-verbale Reize möglichst schnell und exakt aus einer Menge irrelevanter Reize herauszusuchen. Das Verfahren wurde analog der visuell-räumlichen Version von Zazzo aufgebaut. Da es sich um einen Papier-Bleistift-Test handelt, kommen Aspekte der visuell-räumlichen Verarbeitung hinzu. Auf einem A3-Blatt hochgestellt werden in 25 Spalten und 40 Zeilen 1000 Buchstabenkombinationen dargeboten. Die Buchstabenkombinationen umfassen immer den Buchstaben A, wobei acht mögliche Kombinationen auftreten (AD, AK, AL, AR, DA, KA, LA, RA). Es müssen zwei kritische Reize gleichzeitig herausgesucht werden (AD, RA). Ausgewertet wird nach Richtigen, Auslassungen, Falschen (Mittelwert, SD), zusätzlich nach Korrelationen mit der Zeit, Auslassungen Links/Rechts, Auslassungen Ganze Zeilen.

#### **Stroop-Test**

Bei diesem Verfahren handelt es sich um die bekannte Version des Farb-Wort-Interferenz-Tests. Ausgewertet wird nach Zeit und Fehlern in den drei Durchgängen Benennen der Farbpunkte, Benennen der Farben-Wörter, Benennen der Farben-Farbwörter.

### **Wisconsin Cards Sorting Test (Bildschirmversion)**

Bei diesem Verfahren handelt es sich um die bekannte Version der Kartenkategorisierungsaufgabe, in der 160 Karten nach Farbe, Form und Anzahl zugeordnet werden müssen. Dabei wird jeweils nach 10 richtig zugeordneten Karten die Kategorie nach gleichem Schema gewechselt (Farbe, Form, Anzahl, Farbe, Form, Anzahl). Ausgewertet wird nach Anzahl Kategorien, perseverativen Fehlern, nonperseverativen Fehlern und Failure-to-maintain-Set.

## **3.4 Versuchsdurchführung**

Es wurden Patientinnen und Patienten der Abteilung für Neuropsychologische Rehabilitation des Inselspitals Bern untersucht. Die Patienten mussten zwei Stunden belastbar sein und durften keine schwerwiegenden zusätzlichen neuropsychologischen Funktionsstörungen aufweisen, durch welche die Durchführung der Testbatterie z.B. aufgrund einer Aphasie, eines Neglects oder anderer spezifischer Störungen nicht möglich gewesen wäre. Die Patientinnen und Patienten nahmen freiwillig an der Untersuchung teil. Ein Patient hatte die Untersuchung abgebrochen und wurde nicht weiter mitberücksichtigt. Alle anderen untersuchten Patienten konnten in die Auswertung aufgenommen werden. Für die Läsionsanalysen konnten von den 46 Patientinnen und Patienten von 39 die notwendigen Original-CT- bzw. MRI-Bilder beschafft werden.

## **3.5 Statistische Auswertung**

Die Auswertung erfolgte mittels dem Programmpaket SPSS 11.0 für WINDOWS. Es wurden aus Gründen der Anschaulichkeit Varianzanalysen (univariat, multivariat) und Kovarianzanalysen durchgeführt. Die Posthoc-Tests wurden mittels Scheffé-Test oder LSD durchgeführt. In allen Fällen, in denen Verletzungen der Voraussetzungen für eine solche Analyse vorlagen (Verletzungen der Normalverteilungsannahme: Kolmogorov-Smirnov-Test mit Lillifors Signifikanzkorrektur; Verletzungen der Varianzenhomogenität: Levene-Test) wurden zugleich nonparametrische Testverfahren durchgeführt (Kruskal-Wallis-Test; Mann-Whitney-U-Test).

Zusätzlich wurden in den Voruntersuchungen mit dem DOS-Programm COR.EXE interferenzstatistische Tests für Korrelationen durchgeführt, die im SPSS nicht zur Verfügung standen. Mit Hilfe dieser Berechnungen wurde geprüft, ob sich die Korrelationen aus k unabhängigen Stichproben (in diesem Fall die Gesamtgruppe, die Schädel-Hirn-Trauma-Gruppe, die Vaskuläre Gruppe und die Kontrollgruppe) statistisch signifikant unterschieden (vgl. Diehl & Arbinger, 1992, 381). So konnte der Einfluss des Alters auf alle Aufmerksamkeitsvariablen berechnet werden.

### 3.6 Läsionsanalysen

Es wurden für die Beschreibung der Neuroanatomie der Hirnschädigungen Läsionsanalysen anhand der kernspintomographischen- (MRI) oder computertomographischen (CT) Bilder vorgenommen. Es wurden jeweils von den 39 Patientinnen und Patienten diejenigen Bilder ausgewählt, die nach dem Akutstadium am nächsten zum Untersuchungszeitpunkt der neuropsychologischen Befunderhebung durchgeführt worden waren.

Für die Läsionsanalyse wurden die Bilddokumentationen der Patienten für jede Schnittebene auf ein entsprechendes Standardhirn transformiert (vgl. Template-Technik von Damasio & Damasio, 1989). Es war so möglich, dass von jeder Schnittebene des MRI- oder CT-Bildes ein entsprechendes Schnittbild, welches aus einer Serie von Standardhirnschnitten als am ehesten entsprechend ausgewählt worden war, für jeden einzelnen Patienten, aber auch für beliebig zusammenstellbare Patientengruppen zur möglichst exakten Läsionslokalisation angefertigt wurde.

Die Schnittbilder wurden unter Anleitung und Supervision (zweimalige Beurteilung) eines erfahrenen Neurologen erstellt. Die Übertragung erfolgte mittels Einscannen und Bearbeitung durch das Graphikprogramm Illustrator Version 10.0. Für die Darstellung ist zu berücksichtigen, dass dem neuroradiologischen Standard entsprechend die Hemisphären seitenverkehrt (linke Hemisphäre rechts und rechte Hemisphäre links) dargestellt sind. Weiter wurden die 10 Schnittbilder entsprechend der Vorlage von Damasio & Damasio (Lesion Analysis in Neuropsychology, S. 202) übernommen, d.h. die 10 Schnittbilder sind aufsteigend beginnend beim Hirnstamm von kaudal nach rostral angeordnet. Die eingescannten Schnittbilder wurden dann übereinandergelegt und bildeten so die Grundlage für die Lokalisationsgruppen. Diese umfassten Unilaterale Rechtshemisphärische vs. Unilaterale Linkshemisphärische Läsionen, Anteriore Läsionen vs. Posteriore Läsionen, Fokale Frontale Läsionen Links vs. Fokale Frontale Läsionen Rechts vs. Fokale Frontale Läsionen Beidseits, Fokale Läsionen im Dorsolateralen Frontalen Kortex vs. Fokale Läsionen im Orbitofrontalen Kortex vs. Fokale Läsionen in beiden Gebieten sowie Bilaterale-Diffuse-Läsionen.

## 4 Ergebnisse

In einem ersten Schritt wurden aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung der Schädel-Hirn-Trauma-Gruppe und der Gruppe mit den vaskulären oder Tumor-Erkrankungen in bezug auf das Alter die Effekte des Alters auf die Ergebnisse überprüft bzw. untersucht, ob das Alter für die Aufmerksamkeitsvariablen immer den gleichen Effekt hat. Nach Solthaus (1989) und Rabbitt (1993) wurde dabei erwartet, dass kein Einfluss des Alters auf die Daueraufmerksamkeit/Vigilanz und die selektive Aufmerksamkeit auszumachen ist, dass aber Einflüsse insbesondere in der Aufmerksamkeitskapazität, in der geteilten Aufmerksamkeit und in allen Aufgaben, die sehr kontrollierte Prozesse erfordern, bestehen. Ebenso wurde erwartet, dass ein Alterseffekt in der Konzeptbildung und in der Denkflexibilität vorhanden ist.

Es wurden dazu Produkt-Moment-Korrelationen mit Alter und den interessierenden Aufmerksamkeitsvariablen durchgeführt. Im Anschluss daran wurde geprüft, ob sich die Korrelationen der Kontrollgruppe, der SHT und der Vaskulären Gruppe statistisch signifikant unterscheiden (vgl. Diehl & Arbinger, 1992, 381), womit der Einfluss des Alters auf alle Aufmerksamkeitsvariablen berechnet werden konnte. Mit diesem Verfahren kam es bei einer einzigen Variable zu einem signifikanten Ergebnis, diese Variable wurde nicht weiter berücksichtigt. In allen anderen Fällen kam es zu nicht signifikanten Ergebnissen. Somit wurde in diesen Fällen das Alter als Kovariate mitberücksichtigt. Es ergaben sich nur gerade in der Denkflexibilität und im Arbeitsgedächtnis (Qualitative Faktoren) Hinweise für einen Alterseffekt. In allen anderen Aufmerksamkeitsbereichen konnten Alterseffekte nicht nachgewiesen werden. So konnte z.B. nicht nachgewiesen werden, dass Geschwindigkeitsfaktoren beim Arbeitsgedächtnis oder in der geteilten Aufmerksamkeit einen statistisch signifikanten Zusammenhang zum Alter aufwiesen.

In diesem Zusammenhang soll auf die Arbeiten von Johannsen et al. (1997) und Madden et al. (1997) hingewiesen werden, die belegen, dass die kortikalen Aktivierungsmuster je nach Anforderungen an die Aufmerksamkeitsfunktion bei Jüngeren oder Älteren verschieden sein können. So kam es in einer visuellen Suchaufgabe unter drei Bedingungen zu einer Zunahme der Reaktionszeiten und der Fehlerquote bei Älteren, wenn geteilte Bedingungen vorherrschten. Ältere Menschen zeigten in der geteilten Aufmerksamkeitsaufgabe mehr Aktivierung im präfrontalen Kortex (bilateral), während jüngere Menschen die gleiche Aufgabe mit in Anspruchnahme wenig kontrollierter Prozesse mit vermehrter Aktivierung im occipito-temporalen und occipito-parietalen Kortex verarbeiten konnten. Die Studien weisen darauf

hin, dass Alterseffekte grösser sind unter geteilten Aufmerksamkeitsbedingungen als z.B. unter selektiven Aufmerksamkeitsbedingungen, in denen sich wenig Unterschiede in den Altersgruppen ergaben. Aufgrund dieser Studien könnte man den Schluss ziehen, dass die Jüngeren je nach Anforderungen (z.B. in der Aufgabe von Madden) die geteilte Aufmerksamkeitsaufgabe als Wahrnehmungsaufgabe verarbeiten konnten im Sinne eines signalverarbeitenden Bottom-up-Prozesses, während für die Älteren ein verarbeitungsmodulierender Top-down-Prozess vorlag.

## 4.1 Aufmerksamkeitsleistungen in der Schädel-Hirn-Trauma-Gruppe (SHT) oder in der Vaskulären/Tumor-Gruppe (VaTu)

Im folgenden wurden die Aufmerksamkeitsleistungen der SHT im Vergleich zur Kontrollgruppe in allen untersuchten Aufmerksamkeitsfunktionen aufgeführt (s. Tabelle 4). Es zeigte sich, dass die SHT eine Verlangsamung in der Alertness unter visuellen Bedingungen, aber auch eine Verlangsamung im selektiven Bereich in allen Bereichen ausser im visuellen Go-Nogo zeigte (auditiver Go-Nogo, visuell-räumlich selektiv-fokussierte Aufmerksamkeit, visuell-sprachlich selektive Aufmerksamkeit, visuell-räumlich selektive Aufmerksamkeit, Stroop-Test, geteilte Aufmerksamkeit). Qualitative Auffälligkeiten zeigten sich einzig im SAS im Arbeitsgedächtnis (Anzahl Fehlreaktionen) und in der Denkflexibilität (Anzahl perseverative Fehler).

Tabelle 4: Die Aufmerksamkeitsleistungen der SHT im Vergleich zur Kontrollgruppe (18-52 Jahre)

	SHT	KG	p*
<b>Intensität</b>			
<b>Alertness</b>			
<b>Intrinsische Alertness</b>			
Med/s der RZ in msec	254/41	230/26	<b>.010</b>
Med SD	41	31	<b>.034</b>
<b>Extrinsische Alertness</b>			
Med/s der RZ in msec	240/48	212/32	.159
Med SD	40	33	.057
<b>Reaktionszeit Go visuell</b>			
Med/s der RZ in msec	284/44	255/30	<b>.024</b>
Med SD	68	66	.790
<b>Reaktionszeit Go auditiv</b>			
Med/s der RZ in msec	267/62	248/56	.245
Med SD	80	61	.163
<b>Selektivität</b>			
<b>Fokussierte Aufmerksamkeit</b>			
<b>Go-Nogo visuell</b>			
Med/s der RZ in msec	441/74	410/51	.078
Med SD	72	62	.092
<b>Go-Nogo auditiv</b>			
Med/s der RZ in msec	592/94	495/74	<b>.010</b>
Med SD	122	95	<b>.024</b>

### Visuell-räumlich

Med/s Anzahl Richtige/Min.	18.1/4.6	25.5/4.3	<b>.000</b>
Med/s Anzahl Auslassungen/Min.	1.1/2.0	1.3/1.4	.929
Med/s Anzahl Falsche/Min.	0.0/0.15	0.0/0.12	.426

### Visuell-verbal

Med/s Anzahl Richtige/Min.	15.9/5.1	23.7/5.4	<b>.000</b>
Med/s Anzahl Auslassungen/Min.	1.5/1.9	2.1/1.6	.564
Med/s Anzahl Falsche/Min.	0.0/0.2	0.0/0.14	.552

### Interferenz

Med/s in sec 1. Durchgang	15/5.1	11/1.5	<b>.000</b>
Med/s in sec 3. Durchgang	29/11.2	24/5.6	<b>.016</b>
Med/s Fehler 3. Durchgang	1.0/1.4	1.0/1.2	1.00

### Räumliche

#### Aufmerksamkeitsverschiebung

Med/s Valide Bedingung links	296/70	260/35	<b>.027</b>
Med/s Invalide Bedingung rechts	343/99	293/60	<b>.018</b>
Med/s Invalide Bedingung links	334/86	300/60	<b>.035</b>
Med/s Valide Bedingung rechts	295/66	250/31	<b>.013</b>

#### Geteilte Aufmerksamkeit

Med/s der RZ in msec	700/74	652/79	<b>.041</b>
Med/s Auslassungen	2.0/1.8	1.0/0.9	<b>.004</b>
Med/s Fehlreaktionen	1.0/1.6	0.0/1.5	.230

### Supervisory Attentional System

#### Arbeitsgedächtnis

Med/s der RZ in msec	676/141	549/116	<b>.015</b>
Med/s Auslassungen	3.5/2.5	1.0/1.5	<b>.002</b>
Med/s Fehlreaktionen	2.5/6.6	1.0/1.8	<b>.030</b>

#### Denkflexibilität

Med/s Anzahl Kategorien	6.0/0.7	6.0/0.7	.870
Med/s Perseverative Fehler	12.5/8.5	8.0/7.5	<b>.012</b>
Med/s Nicht-perseverative Fehler	10.5/5.2	7.5/4.4	.149
Med/s Failure-to-maintain-set	0.0/0.6	0.0/0.7	.403

---

\*(Mann-Whitney-U-Test)<sup>2</sup>

Mit Hilfe einer Varianzanalyse mit Messwiederholungen wurde geprüft, inwieweit die SHT (N=26) signifikant langsamer ist als die KG (N=30) in der einfachen Reaktionszeit unabhängig vom Wahrnehmungskanal (Hypothese 1). Es zeigte sich, dass sich die SHT im Vergleich zur KG signifikant unterschied ( $F=10.543$ ,  $df=1$ ,  $p<.01$ ). Allerdings zeigte sich bei der einzel-

---

<sup>2</sup> Bei allen Befunden zum Mann-Whitney-U-Test werden die exakten Wahrscheinlichkeiten zugrunde gelegt.



nen Testung des Wahrnehmungsmodus, dass bei den SHT im Vergleich zur KG nur eine signifikante Verlangsamung in den visuellen Reaktionszeiten feststellbar war ( $F=9.242$ ,  $df=1$ ,  $p<.01$ ), welcher sich auch nonparametrisch bestätigte. Es unterschieden sich weder die Reaktionszeiten der verschiedenen Wahrnehmungsmodi voneinander (Sphärizität angenommen:  $F=1.531$ ,  $df=1$ ,  $p>.05$ ) noch die Wechselwirkung zwischen Gruppe und Wahrnehmungsmodus (Sphärizität angenommen:  $F=.141$ ,  $df=1$ ,  $p>.05$ ) (s. Abbildung 2).

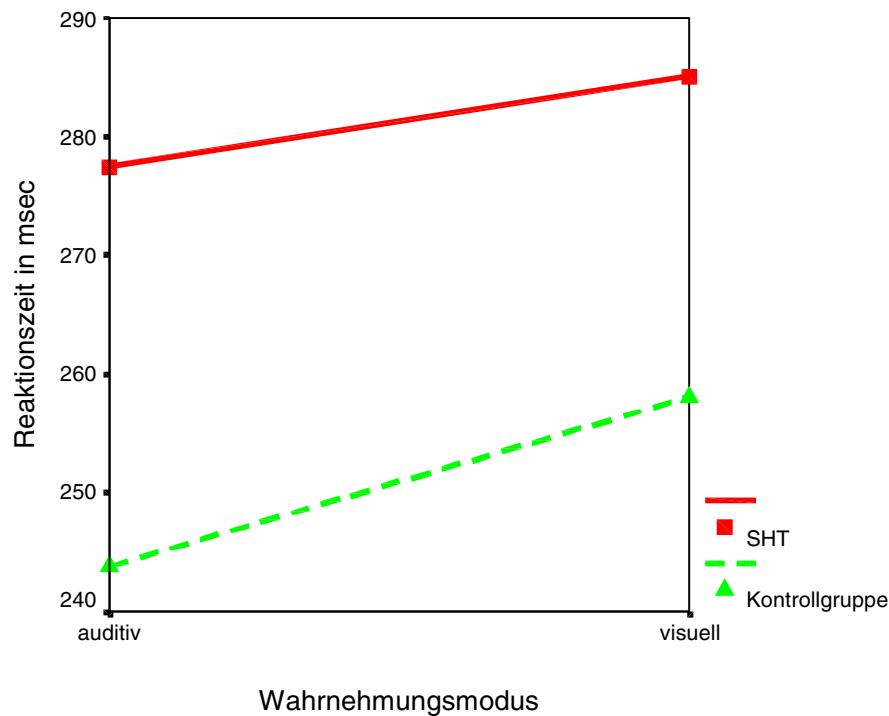


Abbildung 2: Die geschätzten Randmittel der einfachen Reaktionszeiten der SHT und KG in Abhängigkeit des Wahrnehmungsmodus.

Im weiteren zeigte sich, dass die SHT im Sinne der Hypothese 1 im Vergleich zur KG weder eine erhöhte Anzahl Lapses of Attention ( $F=.177$ ,  $df=1$ ,  $p>.05$ ) noch einen erhöhten Time on Task Effect zeigte ( $F=1.289$ ,  $df=1$ ,  $p>.05$  bzw.  $F=.468$ ,  $df=1$ ,  $p>.05$ ).

Im Sinne der Hypothese 2 wurde dann überprüft, ob die SHT im Vergleich zur KG im Kontext der Selektivität signifikante Verlangsamungen aufwies. In der fokussierten Aufmerksamkeit unter Go-Nogo-Bedingungen ( $F=1.867$ ,  $df=1$ ,  $p>.05$  bzw.  $F=.388$ ,  $df=1$ ,  $p>.05$ ) und in der geteilten Aufmerksamkeit ( $F=.409$ ,  $df=1$ ,  $p>.05$ ) konnten wie vorhergesagt keine disproportionalen Verlangsamungen festgestellt werden.

Im SAS (Hypothese 3) zeigte sich, dass die SHT im Vergleich zur KG qualitativ schlechter im Arbeitsgedächtnis abschnitten. Unter statistischer Kontrolle des Alters ergab sich in der An-

zahl Auslassungen im Arbeitsgedächtnis ein statistisch hoch signifikanter Gruppenunterschied ( $F=17.042$ ,  $df=1$ ,  $p<.001$ ) und ein statistisch signifikanter Unterschied in den Fehlreaktionen des Arbeitsgedächtnisses ( $F=5.454$ ,  $df=1$ ,  $p<.05$ ).

Im SAS in der Denkflexibilität zeigte die SHT in der Anzahl Perseverativer Fehler ( $F=5.485$ ,  $df=1$ ,  $p<.05$ ) einen statistisch signifikanten Unterschied zur KG. In der Anzahl Non-perseverativer Fehler zeigte sich dieser Effekt nicht ( $F=1.843$ ,  $df=1$ ,  $p>.05$ ). In der Anzahl der Perseverativen Fehler in der Denkflexibilitätsaufgabe war auch ein signifikanter Einfluss des Alters gegeben ( $F=4.803$ ,  $df=1$ ,  $p<.05$ ). Diese Befunde konnten auch nonparametrisch bestätigt werden.

Patienten mit einer Restaphasie ( $N=3$ ) wurden hinsichtlich ihrer fokussiert-selektiven Aufmerksamkeitsleistung (Hypothese 4) im Wahrnehmungsmodus auditiv vs. visuell untersucht. Es zeigte sich, dass ein signifikanter Einfluss unter auditiv selektiven Aufmerksamkeitsbedingungen gegeben war ( $F=2.912$ ,  $df=2$ ,  $p<.05$ ) im Vergleich zu den einfachen auditiven Reaktionszeiten (Abbildung 3). Es bestand weiter eine signifikante Wechselwirkung zwischen der Restaphasiegruppe, der Nichtaphasiegruppe und der Kontrollgruppe (Sphärizität angenommen:  $F=2.721$ ,  $df=4$ ,  $p<.05$ ). Die Posthoc-Tests zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen der Restaphasie-Gruppe und der Kontrollgruppe ( $p<.05$ ), ebenso zwischen der Restaphasie-Gruppe und der Nichtaphasiegruppe ( $p<.05$ ) sowie keinen signifikanten Unterschied zwischen der Nichtaphasiegruppe und der Kontrollgruppe ( $p>.05$ ). Insbesondere zeigte sich der Effekt unter der auditiv-fokussierten Bedingung mit Intervall-Interstimulus von 4 (niedrigste Bedingung). Diese Befunde konnten auch nonparametrisch bestätigt werden.

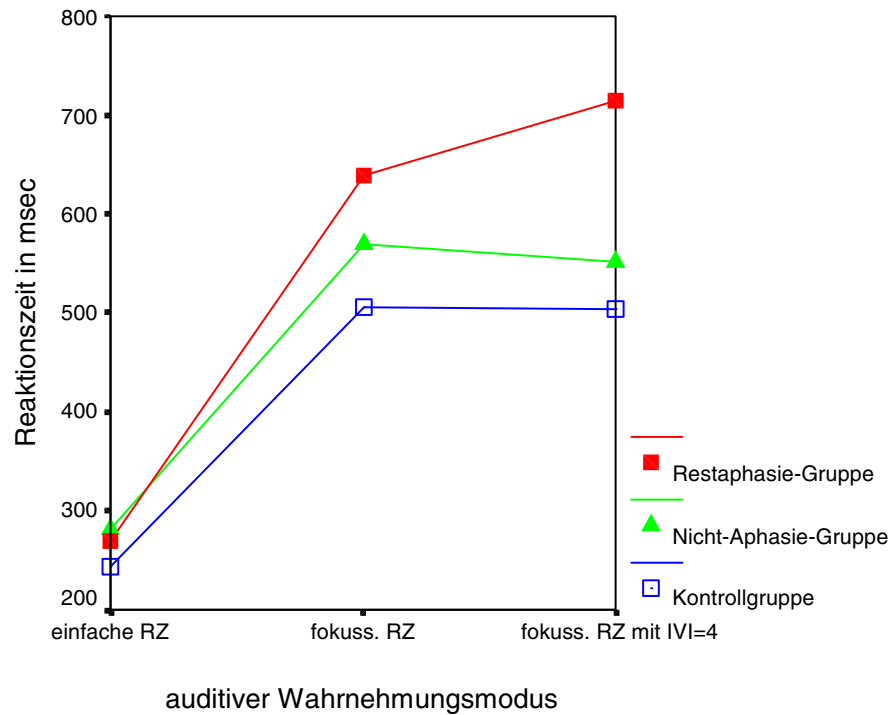


Abbildung 3: Die geschätzten Randmittel der Restaphasie-Gruppe, der Nicht-Aphasiegruppe und der KG der einfachen Reaktionszeiten im auditiven Wahrnehmungsmodus, der Reaktionszeiten unter selektiv-fokussierten Bedingungen im Durchschnitt und der Reaktionszeiten unter selektiv-fokussierten Bedingungen mit Intervall-Interstimulus von 4 (niedrigste Stimulus-Bedingung).

Im visuellen Bereich konnten diese Effekte nicht gefunden werden (Abbildung 4), d.h. weder die Restaphasie-Gruppe noch die Nicht-Aphasie-Gruppe zeigten in einer der Intervall-Interstimulus-Bedingungen eine zusätzliche Verlangsamung, insbesondere auch nicht in der niedrigsten Bedingung (IVI=4).

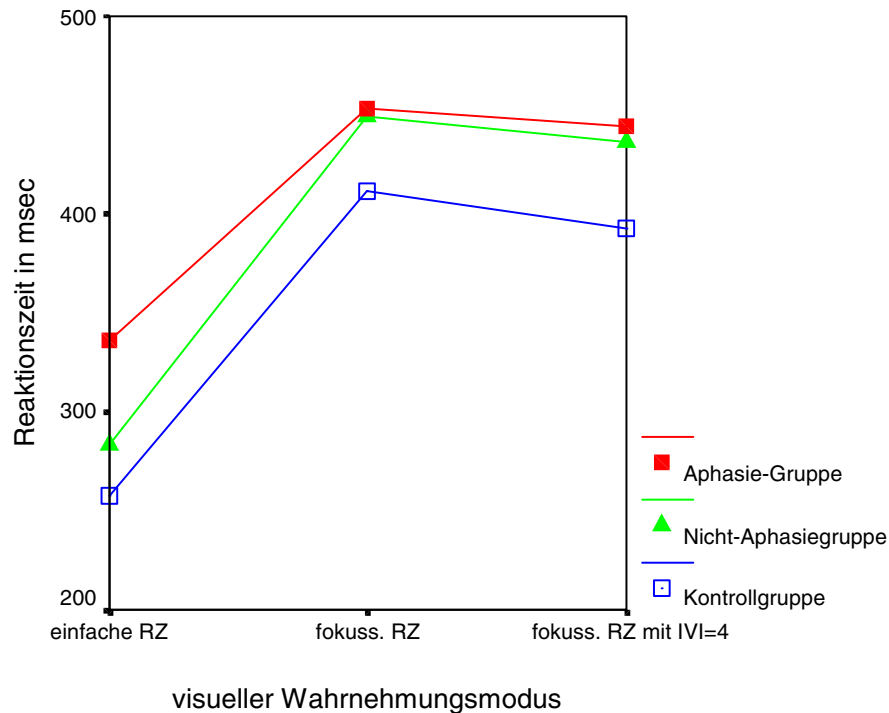


Abbildung 4: Die geschätzten Randmittel der Restaphasie-Gruppe, der Nicht-Aphasiegruppe und der KG der einfachen Reaktionszeiten im visuellen Wahrnehmungsmodus, der Reaktionszeiten unter selektiv-fokussierten Bedingungen im Durchschnitt und der Reaktionszeiten unter selektiv-fokussierten Bedingungen mit Intervall-Interstimulus von 4 (niedrigste Stimulus-Bedingung).

In einer Varianzanalyse mit Messwiederholung unter Einbezug der Gruppen zeigte sich auch, dass es einen höchst signifikanten Einfluss der Verarbeitungsmodusfaktoren (visuell-räumlich vs. visuell-sprachlich) gab (Sphärizität angenommen:  $F=27.453$ ,  $df=5$ ,  $p<.001$ ), sowie eine signifikante Wechselwirkung mit dem Faktor Restaphasie (Sphärizität angenommen:  $F=2.291$ ,  $df=5$ ,  $p<.05$ ). In den Tests der Zwischensubjekteffekte zeigte sich ein signifikanter Einfluss des Faktors Restaphasie ( $F=5.890$ ,  $df=1$ ,  $p<.05$ ). In den einzelnen Vergleichen kam es nonparametrisch zu einem signifikanten Leistungsunterschied zwischen den beiden Gruppen in der Anzahl Richtigen im visuell-räumlichen und visuell-sprachlichen Bereich (Verlangsamung in beiden Bereichen) sowie zu einem knapp nicht mehr signifikanten Resultat in der Anzahl Auslassungen in der fokussiert visuell-verbalen Aufmerksamkeit (Mann-Whithney- $U=21$ ,  $p=.053$ ). Keine Unterschiede zeigten sich im Hinblick auf die Auslassungen in der fokussierten Aufmerksamkeit im visuell-räumlichen Bereich.

Im folgenden wurden die Resultate der VaTu beschrieben (s. Tabelle 5). In der vaskulären Gruppe bestand im Vergleich zur Kontrollgruppe in den Aspekten der Intensität lediglich eine Verlangsamung in der auditiven Reaktionszeit. Tendenziell fielen insbesondere sehr schwankende Reaktionszeiten auf. In den Bereichen der Selektivität kam es zu Verlangsa-

mung im visuell-räumlichen und visuell-sprachlichen Bereich, zu keiner Verlangsamung aber in der Aufmerksamkeitsverschiebung, jedoch vor allem zu qualitativen Auffälligkeiten in der geteilten Aufmerksamkeit sowie im SAS im Arbeitsgedächtnis und in der Denkflexibilität.

Tabelle 5: Die Aufmerksamkeitsleistungen der Vaskulären/Tumor-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe (18-65 Jahre)

	<b>VT</b>	<b>KG</b>	<b>p*</b>
<b>Intensität</b>			
<b>Alertness</b>			
<b>Intrinsische Alertness</b>			
Med/s der RZ in msec	232/63	235/30	.692
Med SD in msec	49	34	<b>.009</b>
<b>Extrinsische Alertness</b>			
Med/s der RZ in msec	228/63	215/32	.479
Med SD	45	33	.059
<b>Reaktionszeit visuell</b>			
Med/s der RZ in msec	274/56	252/30	.064
Med SD	80	55	.068
<b>Reaktionszeit auditiv</b>			
Med/s der RZ in msec	277/70	242/52	<b>.034</b>
Med SD	82	64	.072
<b>Selektivität</b>			
<b>Fokussierte Aufmerksamkeit</b>			
<b>Go-Nogo visuell</b>			
Med/s der RZ in msec	427/84	405/48	.166
Med SD	82	62	<b>.004</b>
<b>Go-Nogo auditiv</b>			
Med/s der RZ in msec	524/117	495/74	.111
Med SD	142	95	.154
<b>Visuell-räumlich</b>			
Med/s Anzahl Richtige/Min	20.6/4.4	25.6/4.4	<b>.000</b>
Med/s Anzahl Auslassungen/Min.	2.0/2.3	1.4/1.4	.205
Med/s Anzahl Falsche/Min.	0.0/0.4	0.0/0.1	.284
<b>Visuell-verbal</b>			
Med/s Anzahl Richtige/Min.	18.6/5.4	23.7/5.2	<b>.006</b>
Med/s Anzahl Auslassungen/Min.	2.6/3.0	2.1/1.7	.151
Med/s Anzahl Falsche/Min.	0.0/0.2	0.0/0.1	.181

### **Interferenz**

Med/s 1. Durchgang in sec	13.5/4.6	11.0/1.5	<b>.000</b>
Med/s 3. Durchgang in sec	25.0/10.4	24.0/5.4	.565
Med/s Fehler 3. Durchgang	0.0/0.9	1.0/1.2	.144

### **Räumliche**

#### **Aufmerksamkeitsverschiebung**

Med/s Valide Bedingung links	296/119	268/56	.098
Med/s Invalide Bedingung rechts	343/68	309/62	.169
Med/s Invalide Bedingung links	353/108	308/69	.060
Med/s Valide Bedingung rechts	269/67	261/37	.607

#### **Geteilte Aufmerksamkeit**

Med/s der RZ in msec	708/112	670/77	.406
Med/s Auslassungen	3.5/3.0	1.0/1.0	<b>.005</b>
Med/s Fehlreaktionen	1.8/3.8	1.0/1.5	.446

### **Supervisory Attentional System**

#### **Arbeitsgedächtnis**

Med/s der RZ in msec	754/194	589/124	<b>.003</b>
Med/s Auslassungen	3.4/2.9	1.5/1.5	<b>.040</b>
Med/s Fehlreaktionen	6.8/10.0	1.8/1.9	<b>.033</b>

#### **Denkflexibilität**

Med/s Anzahl Kategorien	4.2/1.6	5.8/0.7	<b>.000</b>
Med/s Perseverative Fehler	28.6/15.1	11.8/7.3	<b>.000</b>
Med/s Nicht-perseverative Fehler	17.7/8.2	10.1/6.1	<b>.001</b>
Med/s Failure-to-maintain-set	0.7/1.0	0.5/0.8	.681

---

\*(Mann-Whitney-Test)

Insgesamt ergaben sich über alle Befunde hinweg Hinweise, dass beide Patientengruppen sehr heterogene Gruppen in bezug auf die Aufmerksamkeitsleistungen sind, so dass neben dem Verletzungsmechanismus andere Faktoren für die Beurteilung der neuropsychologischen Aufmerksamkeitsfaktoren mitberücksichtigt werden mussten. In erster Linie sollte dabei der Einfluss der Läsionslokalisation untersucht werden.

## **4.2 Aufmerksamkeit im Kontext von rechts- oder linkshemisphärischen Hirnschädigungen**

Zuerst wurden die Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen (RHL; N=18) in bezug auf die Intensität im Vergleich zu den Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen (LHL; N=7) und der KG untersucht (Hypothese 1). Es zeigten sich signifikante Unterschiede in der einfachen auditiven Reaktionszeit ( $F=3.418$ ,  $df=2$ ,  $p<.05$ ), in der einfachen visuellen Reaktionszeit ( $F=7.124$ ,  $df=2$ ,  $p<.01$ ) und in der mittleren Variation der visuellen Reaktionszeiten ( $F=4.066$ ,  $df=2$ ,  $p<.05$ ). Posthoc-Vergleiche mit dem Scheffé-Test zeigten signifikante Unterschiede zwischen der KG und der RHL in bezug auf die einfache auditive Reaktionszeit ( $p<.05$ ), die visuelle Reaktionszeit ( $p<.01$ ) und die mittlere Streuung der Reaktionszeiten ( $p<.05$ ). Diese Ergebnisse konnten auch nonparametrisch bestätigt werden.

Im Sinne der Hypothese 2 wurden die RHL, die LHL und die Kontrollgruppe in der Selektivität in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo in bezug auf die Bearbeitungsqualität überprüft (Anzahl Auslassungen, Anzahl Fehlreaktionen). Es zeigte sich, dass sich die drei Gruppen signifikant voneinander unterschieden ( $F=6.548$ ,  $df=2$ ,  $p<.01$ ). Dabei wurde sowohl ein höchst signifikanter Einfluss des Wahrnehmungsmodus (auditiv vs. visuell) festgestellt (Sphärizität angenommen:  $F=19.159$ ,  $df=7$ ,  $p<.001$ ), im Sinne von signifikant mehr Auslassungen und Fehlern in der auditiven Aufgabe sowie auch eine signifikante Wechselwirkung zwischen der RHL, LHL und KG und der Bearbeitungsqualität in der auditiven bzw. visuellen Go-Nogo-Aufgabe ( $F=2.287$ ,  $df=7$ ,  $p<.01$ ). In der nonparametrischen Überprüfung zeigte sich, dass sich die RHL signifikant von der KG unterschied in bezug auf die Auslassungen in der auditiven Go-Nogo-Aufgabe (Mann-Whitney-U=145.000,  $p=.002$ ) und auch signifikant in der visuellen Go-Nogo-Aufgabe in bezug auf die Fehler (Falsch-Negativ-Antworten), während dem sich die KG und die LHL sowie die LHL und die RHL nicht signifikant unterschieden (s. Abbildung 5).

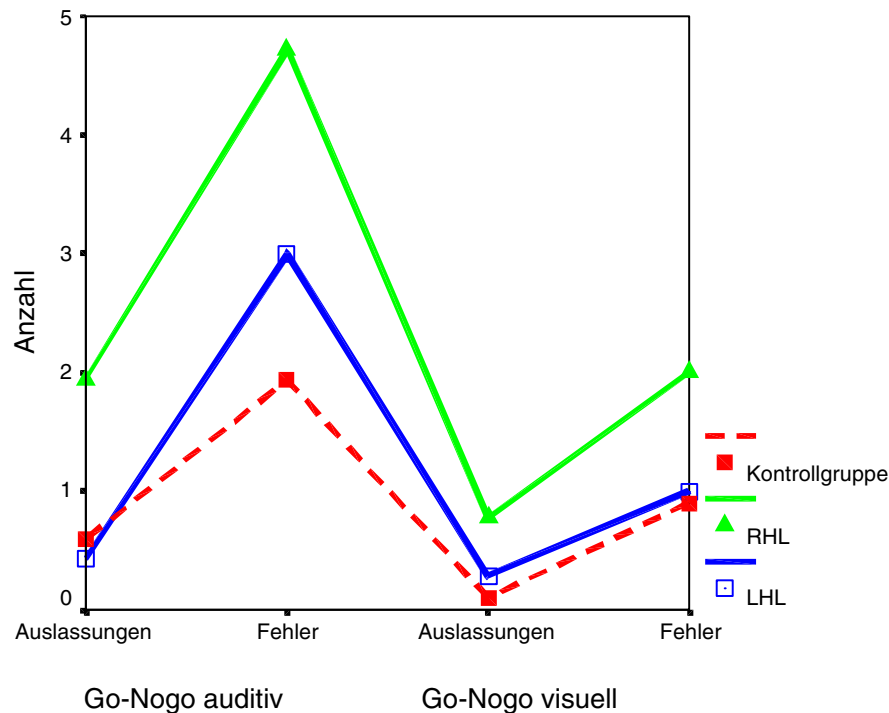


Abbildung 5: Die geschätzten Randmittel der LHL, RHL und der KG der Anzahl Auslassungen und Fehlreaktionen in der auditiven und visuellen Go-Nogo-Aufgabe.

Weiter wurden die RHL, die LHL und die Kontrollgruppe in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit in den Durchstreichtests in der Bearbeitungsqualität überprüft. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ( $F=5.905$ ,  $df=2$ ,  $p<.01$ ). Posthoc-Tests zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen der RHL und der Kontrollgruppe ( $p<.05$ ) und zwischen der LHL und der Kontrollgruppe ( $p<.05$ ). Die RHL und die LHL unterschieden sich nicht signifikant. Die nonparametrischen Verfahren bestätigten einen signifikanten Unterschied zwischen der RHL und der Kontrollgruppe in bezug auf die Bearbeitungsqualität im AD-RA (Auslassungen) (Mann-Whitney- $U=168.00$ ,  $p=.030$ ) und im Deux Barrages nur tendenziell eine schlechtere Bearbeitungsqualität (Mann-Whitney- $U=188.50$ ,  $p=.082$ ) sowie keine signifikanten Unterschiede in den Fehlern. Zwischen der RHL und der LHL zeigte sich ein signifikanter Unterschied in bezug auf die Auslassungen im AD-RA (Mann-Whitney- $U=26.500$ ,  $p=0.25$ ) und tendenziell in bezug auf den Deux Barrages (Mann-Whitney- $U=32.000$ ,  $p=.064$ ). Die Kontrollgruppe und die LHL unterschieden sich nicht signifikant voneinander in bezug auf die Bearbeitungsqualität.

In der Prüfung der Bearbeitungsgenauigkeit (Anzahl Auslassungen) in der geteilten Aufmerksamkeit (Hypothese 3) zeigte sich in der Kovarianzanalyse unter Berücksichtigung des Alters, dass sich die KG, RHL und LHL hoch signifikant unterschieden ( $F=25.260$ ,  $df=2$ ,  $p<.001$ ). Die nonparametrische Überprüfung erbrachte für die KG und die RHL einen hoch



signifikanten Unterschied (Mann-Whitney- $U=74.500$ ,  $p=.000$ ) und ebenso einen hoch signifikanten Unterschied zwischen den LHL und den RHL (Mann-Whitney- $U=19.000$ ,  $p=.006$ ) sowie keinen Unterschied zwischen der LHL und der KG. Die Hypothese 3 konnte somit bestätigt werden.

Entgegen der Hypothese 4 konnten im Stroop-Test keine Unterschiede zwischen der RHL, LHL und der KG gefunden werden.

In der visuell-räumlichen selektiven Aufmerksamkeit (Aufmerksamkeitsverschiebung) zeigte sich in einer Varianzanalyse mit Messwiederholungen ein signifikanter Unterschied zwischen der KG, RHL und LHL ( $F=8.089$ ,  $df=2$ ,  $p<.01$ ). Es bestand auch eine signifikante Wechselwirkung zu den einzelnen Positionen (valide Bedingung nach links, valide Bedingung nach rechts, invalide Bedingung nach links, invalide Bedingung nach rechts) ( $F=5.479$ ,  $df=2$ ,  $p<.01$ ). Die Posthoc-Tests erbrachten einen signifikanten Unterschied zwischen der KG und der RHL ( $p<.01$ ) als auch zwischen der LHL und der RHL ( $p<.05$ ). Diese Unterschiede ließen sich auch nonparametrisch bestätigen. Die KG und die RHL unterschieden sich unter allen vier Bedingungen signifikant voneinander. Die RHL und die LHL unterschieden sich in der validen Bedingung nach rechts nicht signifikant voneinander (Mann-Whitney- $U=42.000$ ,  $p=.220$ ), in der invaliden Bedingung nach rechts knapp signifikant (Mann-Whitney- $U=30.500$ ,  $p=.047$ ), in der validen Bedingung nach links hoch signifikant (Mann-Whitney- $U=21.000$ ,  $p=.009$ ) und in der invaliden Bedingung nach links ebenfalls signifikant (Mann-Whitney- $U=24.000$ ,  $p=.017$ ). Die KG und die LHL unterschieden sich unter allen vier Bedingungen nicht signifikant voneinander (s. Abbildung 6).

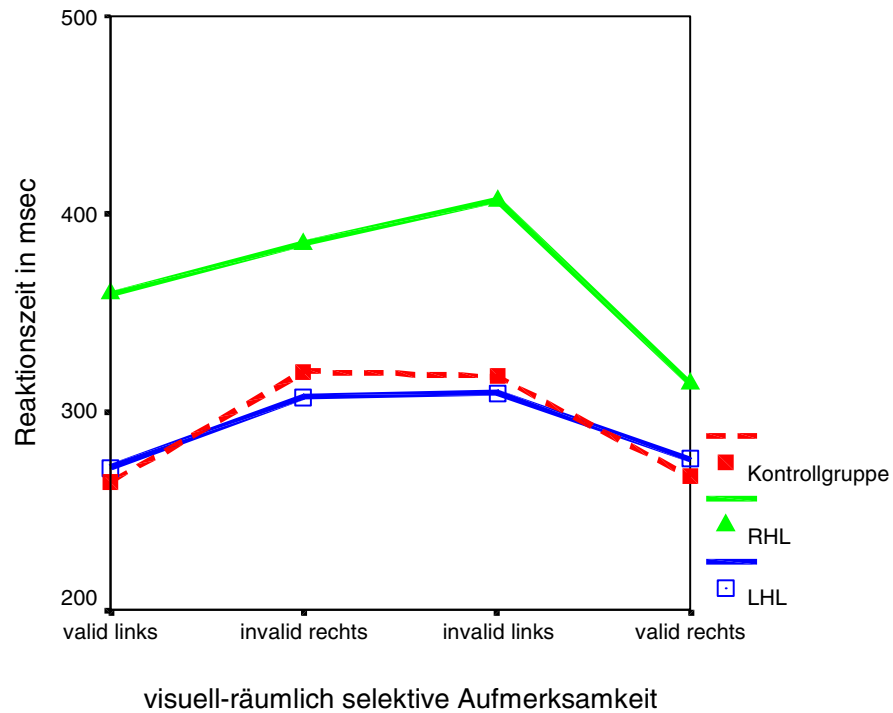


Abbildung 6: Die geschätzten Randmittel der LHL, RHL und der KG der Reaktionsgeschwindigkeit in der visuell-räumlichen selektiven Aufmerksamkeit unter den vier Testbedingungen (valide Bedingung nach links, invalide Bedingung nach rechts, invalide Bedingung nach links, valide Bedingung nach rechts).

Die Hypothese 5 konnte somit bestätigt werden in der validen und invaliden Bedingung nach links. Zusätzlich waren die RHL aber auch in der invaliden Bedingung nach rechts signifikant langsamer als die beiden anderen Gruppen.

### 4.3 Aufmerksamkeit im Kontext von anterioren oder posterioren Hirnschädigungen

Wenn Patienten mit Läsionen in anterioren Strukturen (AL; N=17) verglichen werden mit Patienten mit Läsionen in posterioren Strukturen (PL; N=8) zeigen sich in der Intensität in den einfachen visuellen oder auditiven Reaktionszeiten ein knapp nicht signifikantes Ergebnis ( $F=$ ,  $df=2$ ,  $p>.05$ ) (Hypothese 1). Posthoc-Tests zeigten, dass sich die AL, PL und die KG nicht signifikant voneinander unterschieden weder in den auditiven noch in den visuellen Reaktionszeiten. Einziger tendenzieller Unterschied zeigte sich zwischen der KG und der PL in der auditiven Reaktionszeit (Mann-Whitney- $U=66.500$ ,  $p=.054$ ).

Bezüglich der Hypothese 2 wurde vorausgesagt, dass die AL signifikant schlechter im phasischen Kennwert (Zeichen dafür, die Aktivierung auf einen Warnton hin anheben zu können) sind als die KG oder die PL. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der AL, der PL und KG ( $F=4.645$ ,  $df=2$ ,  $p<.05$ ). Posthoc-Tests zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen der KG und der AL ( $<.05$ ) und auch einen signifikanten Unterschied zwischen der AL und der PL ( $<.05$ ). Die KG und PL unterschieden sich in bezug auf die phasische Alertness nicht. Diese Befunde liessen sich auch nonparametrisch bestätigen.

In der Selektivität in der visuell-räumlichen selektiven Aufmerksamkeit (Hypothese 3) unterschieden sich die AL, PL und die KG signifikant in den vier Bedingungen ( $F=6.792$ ,  $df=2$ ,  $p<.01$ ). Posthoc-Tests zeigten, dass KG und AL signifikant besser waren als die PL ( $p<.01$  bzw.  $p<.01$ ) sowie die KG und die AL sich nicht signifikant unterschieden. Einen Einfluss der Bedingung konnte allerdings nicht festgestellt werden, sondern die KG war im Vergleich zur PL unter allen vier Bedingungen signifikant schneller (s. Abbildung 7). Die AL war in der nonparametrischen Überprüfung in den validen Bedingungen nach links und rechts signifikant schneller als die PL (Mann-Whitney- $U=18.00$ ,  $p=.002$  bzw. Mann-Whitney- $U=30.00$ ,  $p=.027$ ) und in den invaliden Bedingungen nur tendenziell signifikant schneller (Mann-Whitney- $U=38.000$ ,  $p=.086$  bzw. Mann-Whitney- $U=36.000$ ,  $p=.066$ ).

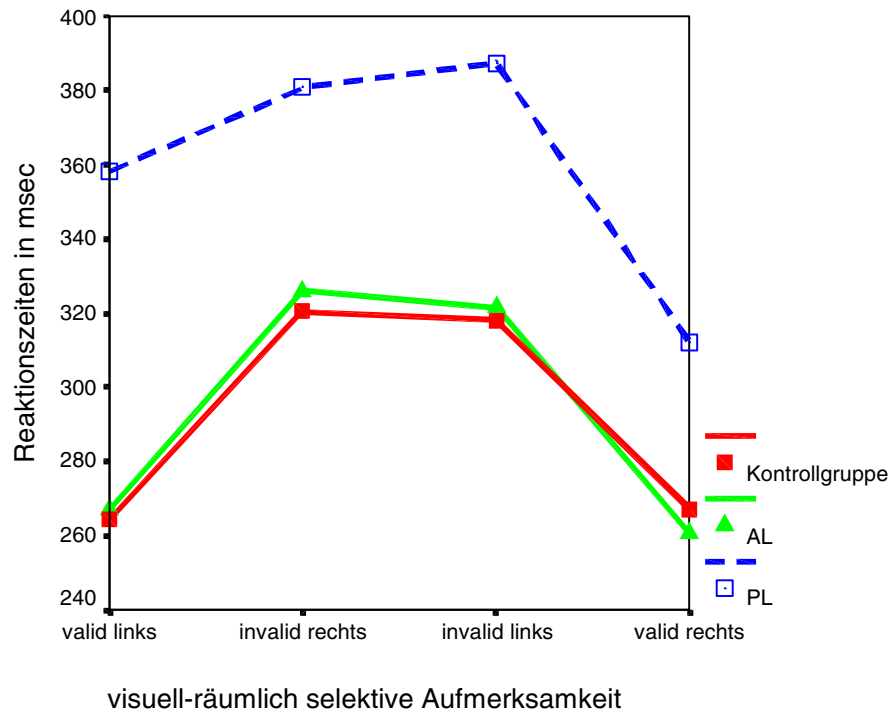
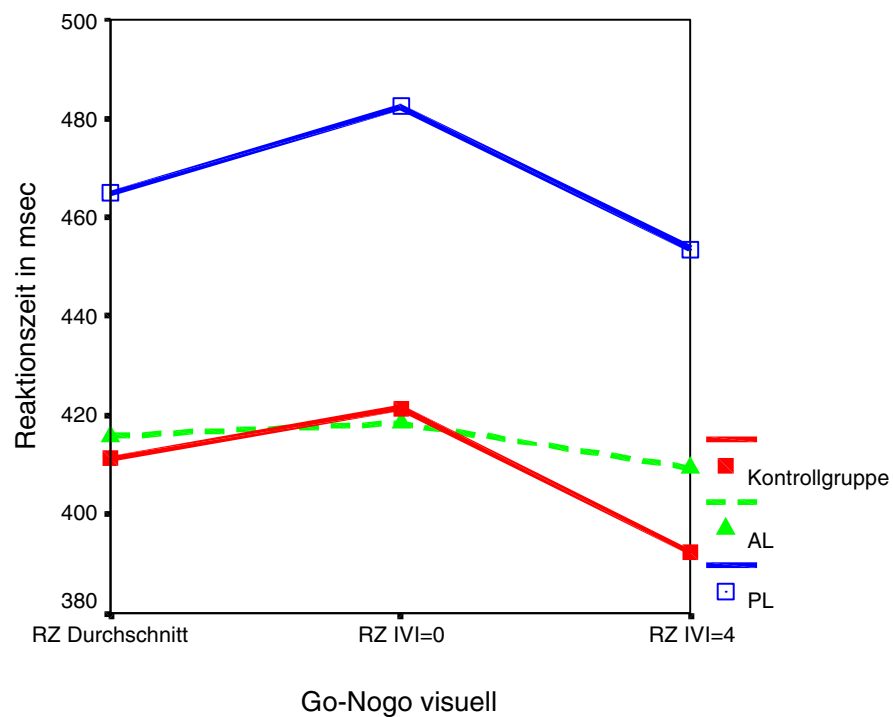
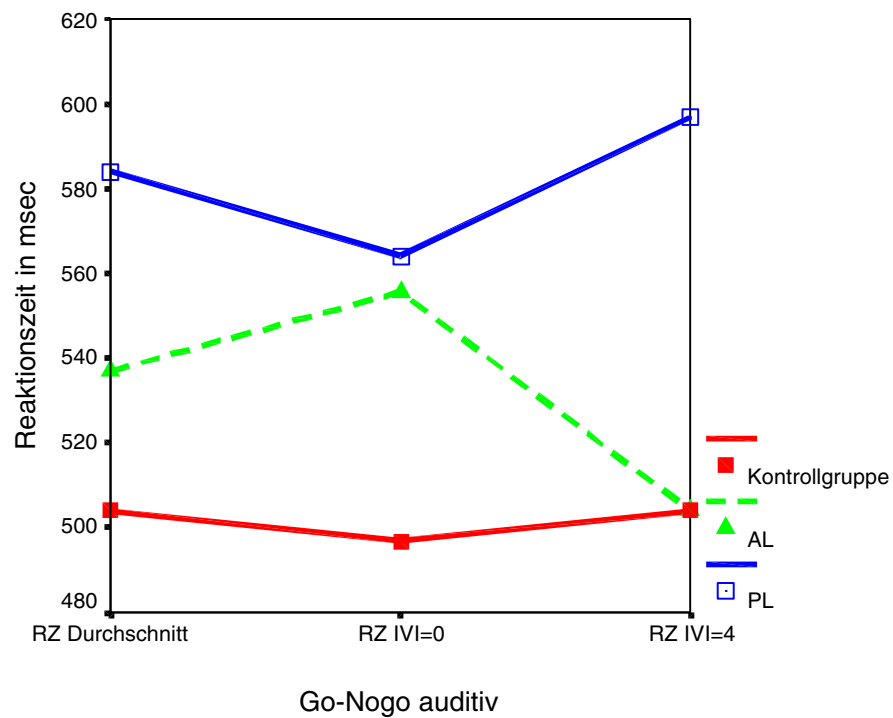


Abbildung 7: Die geschätzten Randmittel der AL, PL und der KG in Bezug auf die Reaktionsgeschwindigkeiten in der visuell-räumlichen selektiven Aufmerksamkeit unter den vier Testbedingungen (valide Bedingung nach links, invalide Bedingung nach rechts, invalide Bedingung nach links, valide Bedingung nach rechts).

In der selektiven Aufmerksamkeit nach Go-Nogo (Hypothese 4) wurde ein signifikant langsames Reaktionsvermögen der PL gegenüber der AL und der KG erwartet. Dabei ging es auch darum herauszufinden, ob die Länge des Intervall-Interstimulus eine Rolle für die Reaktionszeiten spielt, in dem Sinne, dass dies bei der PL, die insgesamt verlangsamt ist, unter selektiv-fokussierten Bedingungen unabhängig vom IVI der Fall ist. Eine Varianzanalyse mit Messwiederholung der Reaktionszeiten im Durchschnitt über alle 5 IVI-Bedingungen, der höchsten und der niedrigsten IVI-Bedingung der auditiven Go-Nogo-Aufgabe zeigte unter statistischer Kontrolle des Alters einen signifikanten Gruppeneffekt ( $F=3.186$ ,  $df=2$ ,  $p<.05$ ). Weiter bestand auch ein signifikanter Einfluss der Wechselwirkungen in Bezug auf die Gruppen (Sphärizität angenommen:  $F=3.320$ ,  $df=4$ ,  $p<.05$ ) (s. Abbildung 8). Posthoc-Tests zeigten für die PL signifikant langsamere Reaktionszeiten im Vergleich zur KG in allen drei Bedingungen (alle  $p<.05$ ). Die AL unterschied sich von der KG nur bei IVI von 0 signifikant ( $p<.05$ ). Die AL und die PL unterschieden sich in der IVI von 4 signifikant voneinander ( $p<.05$ ). Diese Befunde konnten nonparametrisch bestätigt werden. Die AL profitierte dabei bei einer niedrigen Stimulus-Bedingung ( $IVI=4$ ) übermäßig und unterschied sich nicht von der KG. Im visuellen Bereich (s. Abbildung 9) kam es unter allen Bedingungen zu einer signifikanten Verlangsamung der PL gegenüber der KG und auch der AL, welche sich nicht

voneinander unterschieden. Einzige Ausnahme bildete die  $IVI = 4$  Reaktionszeiten, in der sich die AL und die PL nur tendenziell voneinander unterschieden.



Abbildungen 8 und 9: Die geschätzten Randmittel der AL, PL und der KG in den Reaktionsgeschwindigkeiten der auditiven und visuellen Go-Nogo-Aufgabe unter Einbezug der Reaktionszeiten im Durchschnitt, der Reaktionszeiten mit Intervallinterstimulus=0 und der Reaktionszeiten bei Intervallinterstimulus=4.

Im SAS zeigte sich im Arbeitsgedächtnis nach statistischer Kontrolle des Alters ein hoch signifikanter Gruppeneffekt der AL, PL und KG ( $F=10.870$ ,  $df=2$ ,  $p<.001$ ) in der Verlangsamung der einfachen visuellen Reaktionszeiten im Vergleich zur Verlangsamung im Arbeitsgedächtnis (s. Abbildung 10). Dabei zeigte sich auch eine signifikante Wechselwirkung zwischen den einzelnen Gruppen und der Verlangsamung (Sphärizität angenommen:  $F=7.795$ ,  $df=2$ ,  $p<.01$ ).

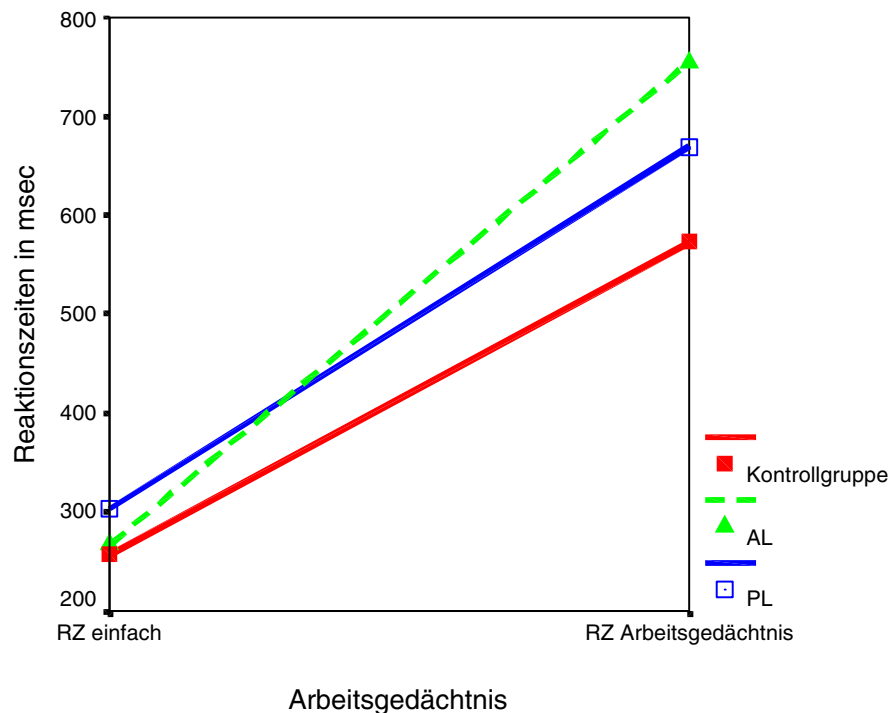


Abbildung 10: Die geschätzten Randmittel der AL, PL und der KG in den Reaktionsgeschwindigkeiten der einfachen visuellen Reaktionsaufgabe und der komplexen Arbeitsgedächtnisaufgabe.

Insgesamt ergaben sich über alle Befunde hinweg bei groben Einteilungen (rechts-links / anterior-posterior) Hinweise, dass diese Unterscheidungen immer nur einen Teilaspekt in bezug auf die Aufmerksamkeitsleistungen beleuchten und vor allem auch quantitative Masse (Reaktionszeiten/Verarbeitungsgeschwindigkeiten) mitberücksichtigt werden müssten.

## 4.4 Aufmerksamkeitsfunktionen und fokale Frontalhirnschädigungen

### 4.4.1. Die Läsionsanalysen der Patienten mit Frontalhirnschädigungen rechts, links oder beidseits

Es wurden die Patienten ausgewählt, die umschriebene Störungen des Frontalhirnes erlitten hatten. Patienten, bei denen ganz umschrieben neben der Läsion im Frontalhirn ein kleiner Teil des vordersten Temporalpols mitbetroffen war, wurden ebenfalls mitberücksichtigt. In Abbildung 11 wurde die Frontalhirngruppe mit Läsionen frontal rechts dargestellt (FR; N=4).

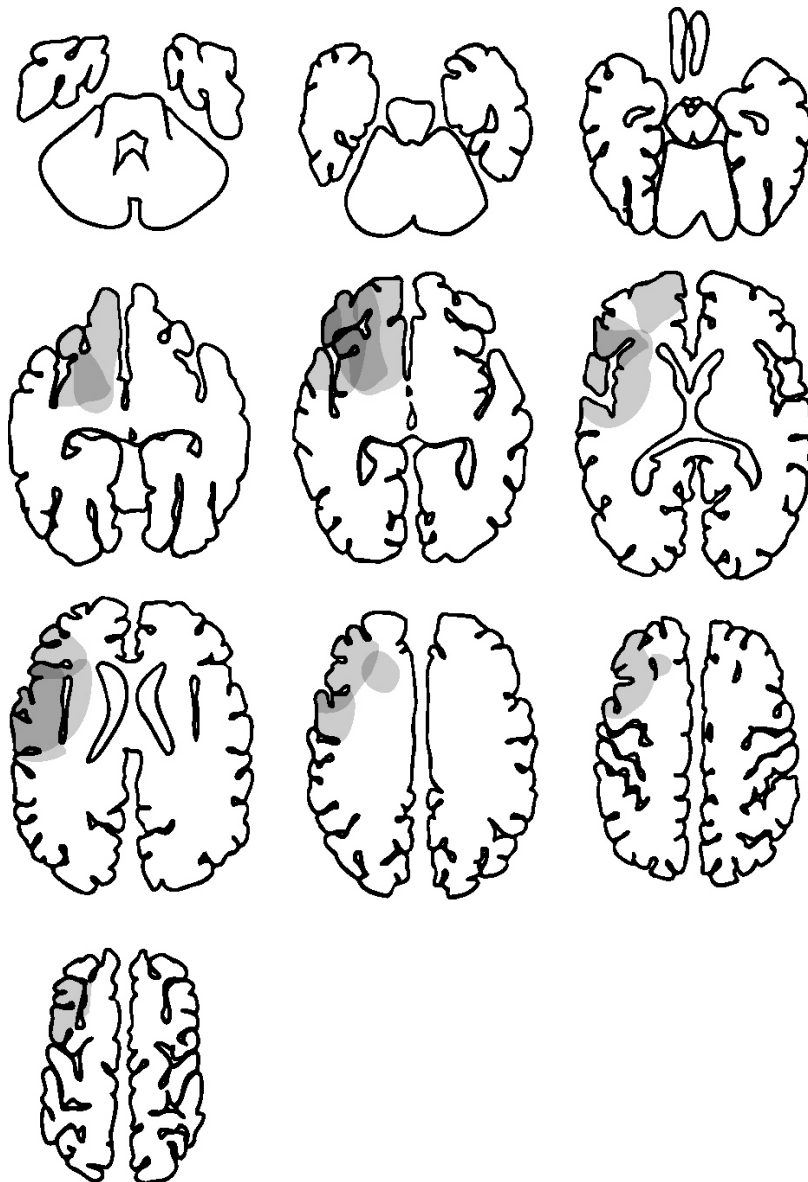


Abbildung 11: Die Läsionsanalyse der Patienten mit umschriebenen Frontalhirnschädigungen rechts.

In Abbildung 12 wurde die Frontalhirngruppe mit Läsionen frontal links (FL; N=5) und in Abbildung 13 die Frontalhirngruppe mit Läsionen beidseits (FB; N=7) dargestellt. Bei allen Darstellungen mittels der Templates-Technik ist zu beachten, dass die 10 Schnittbilder von links nach rechts und oben nach unten (anatomisch aber von kaudal nach rostral) verlaufen. Entsprechend dem internationalen neuroradiologischen Standard werden rechtshemisphärische Läsionen links und linkshemisphärische Läsionen rechts eingezeichnet.

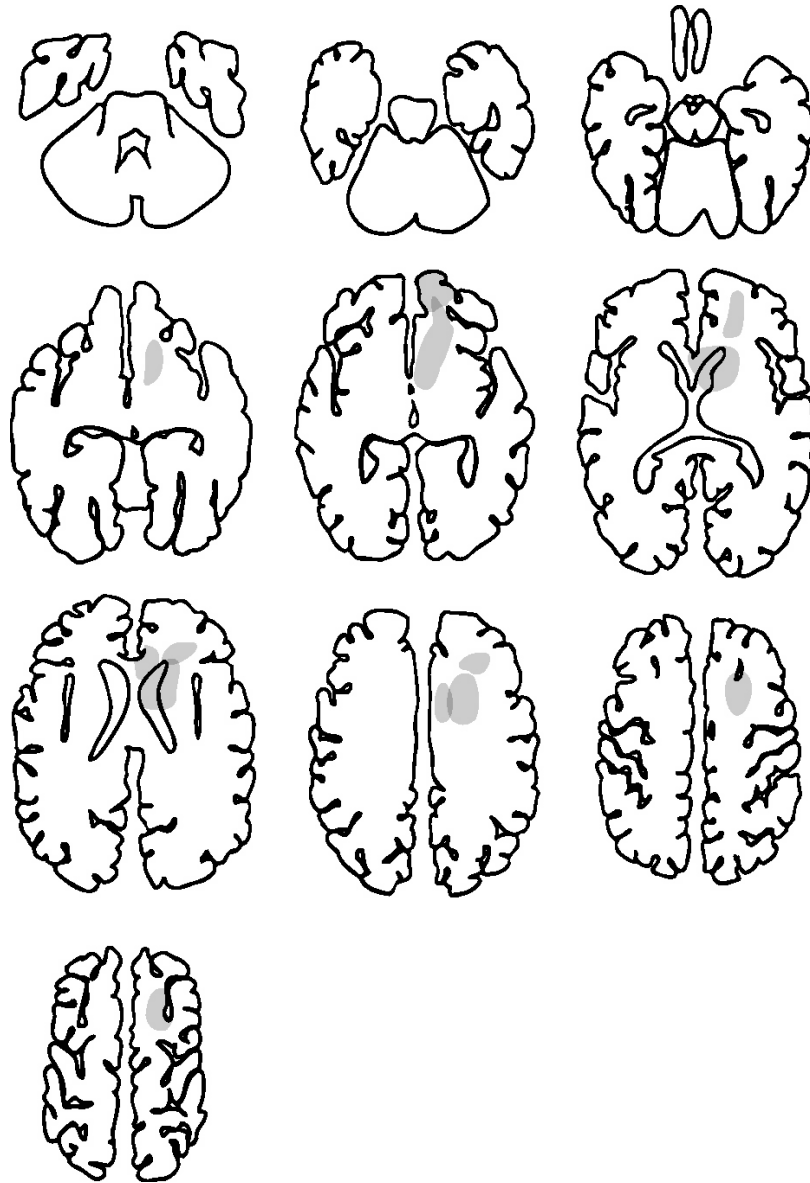


Abbildung 12: Die Läsionsanalyse der Patienten mit umschriebenen Frontalhirnschädigungen links.



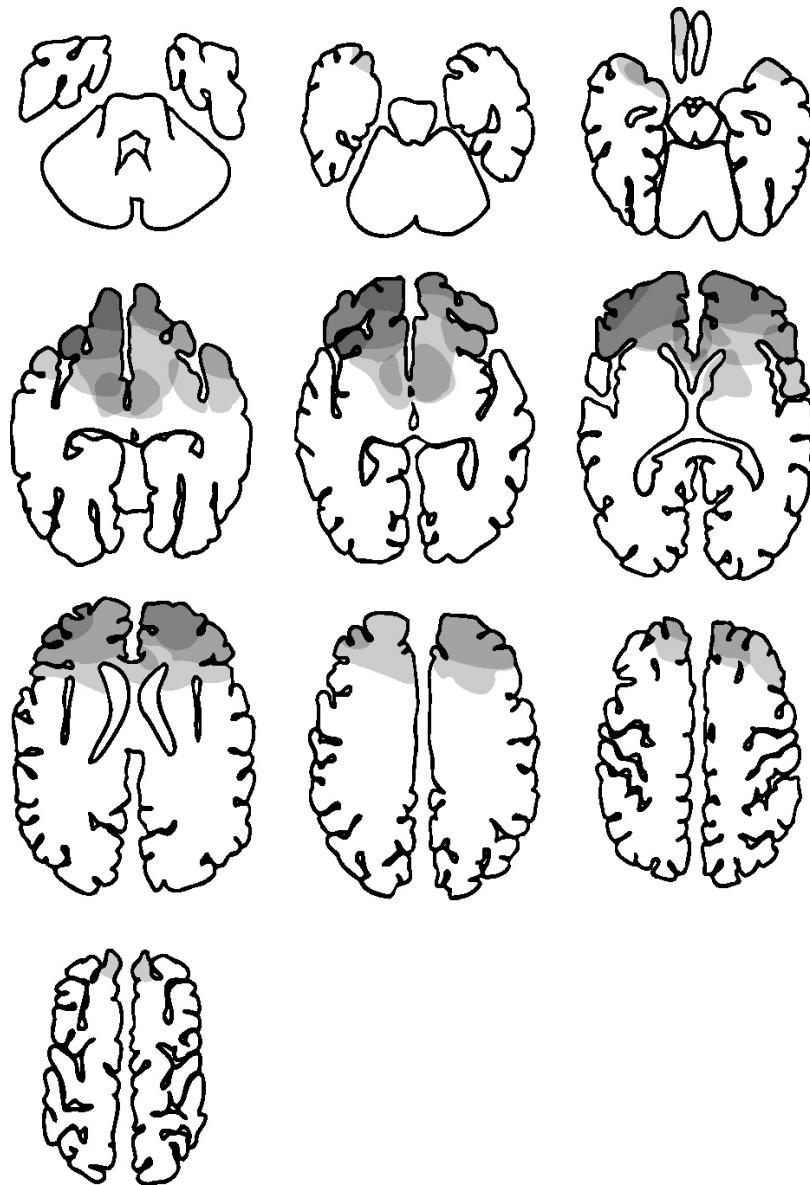


Abbildung 13: Die Läsionsanalyse der Patienten mit umschriebenen Frontalhirnläsionen beidseits.

#### 4.4.2. Die Ergebnisse der Patienten mit Frontalhirnschädigungen rechts, links oder beidseits in den Aufmerksamkeitsfunktionen

In den Aspekten der Intensität zeigte sich, dass sich die KG, die FR, FL und FB weder in den Reaktionszeiten, noch in den Lapses of Attention oder im Time on Task Effect signifikant voneinander unterschieden (Hypothese 1). Es konnten auch keine signifikanten Wechselwirkungen festgestellt werden. Die Hypothese 1 musste somit in allen Belangen verworfen werden, d.h. die FR zeigten keine signifikanten Störungen der intrinsischen Alertness oder Daueraufmerksamkeit im Vergleich zu FL, FB oder der KG.

In bezug auf die phasische Alertness wurde untersucht, ob sich die FL (und FB) signifikant von den anderen Gruppen in bezug auf den Kennwert und die Anzahl antizipierter Antworten unterschieden (Hypothese 2). Es zeigte sich, dass sich die Gruppen signifikant im Kennwert der phasischen Alertness unterschieden ( $F=3.560$ ,  $df=3$ ,  $p<.05$ ). Posthoc-Tests enthüllten einen signifikanten Unterschied zwischen der KG und der FL ( $<.05$ ). Alle anderen Gruppen unterschieden sich nicht signifikant voneinander (s. Abbildung 14).

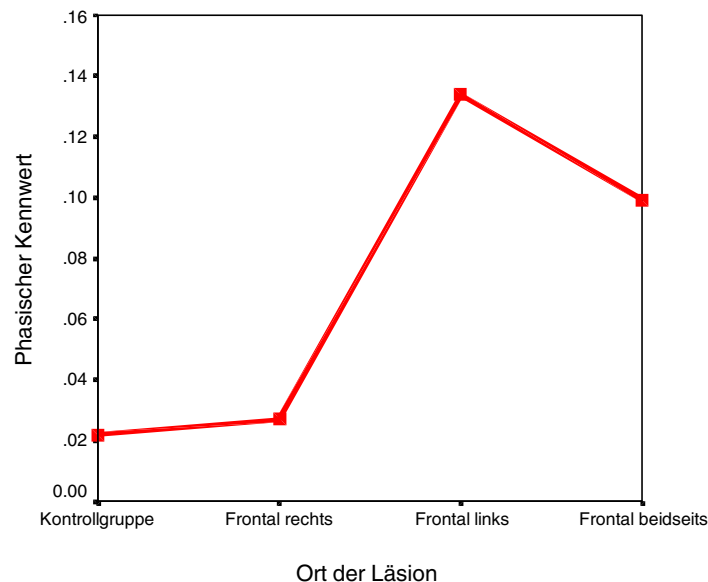


Abbildung 14: Die geschätzten Randmittel des phasischen Kennwertes der Kontrollgruppe, der Patienten mit Läsionen frontal rechts, frontal links und frontal beidseits.

Im weiteren interessierte die Anzahl der antizipierten Antworten (s. Abbildung 15). Insgesamt ergab sich ein signifikanter Gruppeneffekt ( $F=5.802$ ,  $df=3$ ,  $p<.01$ ). In den Posthoc-Tests zeigte sich ein hoch signifikanter Gruppenunterschied zwischen der KG und der FL ( $0<.01$ )

und ein signifikanter Unterschied der FR und FL ( $p < .05$ ), während sich die anderen Gruppen nicht voneinander unterschieden. Der letztere konnte jedoch im nonparametrischen Vergleich nur tendenziell bestätigt werden.

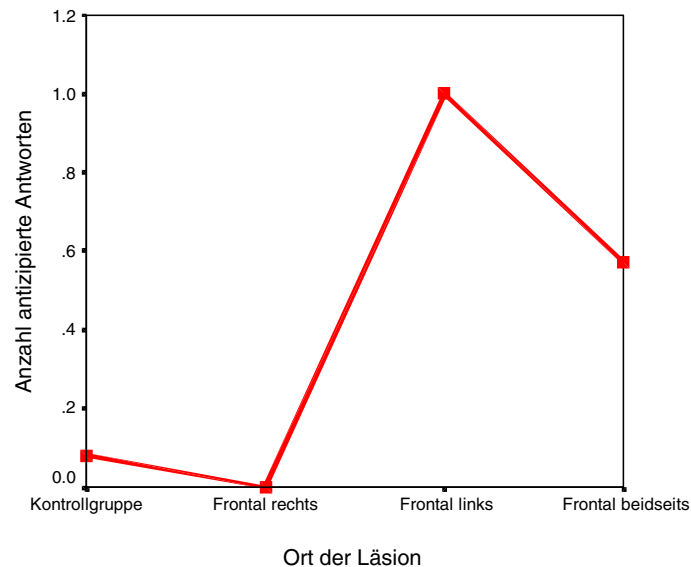


Abbildung 15: Die geschätzten Randmittel der Anzahl antizipierter Antworten in der phasischen Alertness der Kontrollgruppe, der Patienten mit Läsionen frontal rechts, frontal links und frontal beidseits.

In der Selektivität (Hypothese 3) in der fokussierten Aufmerksamkeit zeigte sich in der visuell-räumlich fokussierten Aufmerksamkeit ein signifikanter Gruppenunterschied ( $F=3.856$ ,  $df=3$ ,  $p < .01$ ) ebenso in der visuell-sprachlichen Aufmerksamkeit ( $F=4.033$ ;  $df=3$ ,  $p < .05$ ). Die Wechselwirkung zeigte einen knapp nicht signifikanten Einfluss (Sphärizität angenommen:  $F=2.743$ ,  $df=3$ ,  $p=.057$ ). Posthoc-Tests enthüllten, dass die KG signifikant schneller als die FR (Mann-Whitney- $U=16.500$ ,  $p=.030$ ) und FB (Mann-Whitney- $U=27.500$ ,  $p=.004$ ) in der visuell-räumlich fokussierten Aufmerksamkeit arbeitete, aber nicht signifikant schneller als die FL. Die drei Frontalhirngruppen unterschieden sich nicht voneinander (Abbildung 16).

In der visuell-sprachlich fokussierten Aufmerksamkeit zeigte sich, dass die KG signifikant schneller als die FL (Mann-Whitney- $U=22.000$ ,  $p=.022$ ) und die FB (Mann-Whitney- $U=34.000$ ,  $p=.013$ ) arbeitete, die FR signifikant schneller als die FB (Mann-Whitney- $U=3.000$ ,  $p=.042$ ). Die KG und die FR sowie die FL und FR unterschieden sich nicht signifikant voneinander bezüglich des Arbeitstempos in der visuell-sprachlich fokussierten Aufmerksamkeit. Diese Befunde konnten auch unter Berücksichtigung der Arbeitsgenauigkeit (Anzahl Auslassungen) bestätigt werden.

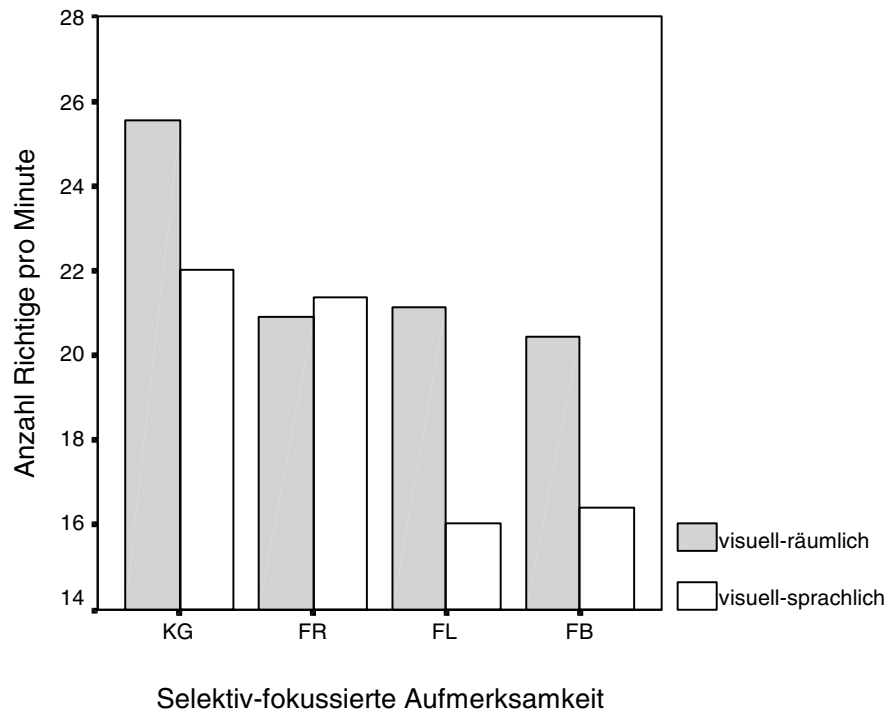


Abbildung 16: Die durchschnittliche Anzahl Richtige (Bearbeitungsgeschwindigkeit) in der visuell-räumlich und visuell-sprachlich fokussierten Aufmerksamkeit in den Frontalhirngruppen.

Die Hypothese 3 konnte somit nur teilweise bestätigt werden, indem zwar die FR im visuell-räumlichen Bereich langsamer als die KG arbeitete, aber nicht als die FL. Und die FL arbeitete langsamer als die KG im visuell-sprachlichen Bereich, aber nicht langsamer als die FR.

Es wurde deshalb das Verhältnis berechnet der Bearbeitungsgeschwindigkeiten in der fokussierten Aufmerksamkeit unter visuell-räumlichen oder visuell-sprachlichen Bedingungen. Dieses Verhältnis ist in der Normgruppe leicht positiv, d.h. im Deux Barrages wird verhältnismässig schneller gearbeitet als im AD-RA. Es zeigte sich hier ein signifikanter Gruppeneffekt ( $F=2.963$ ,  $df=3$ ,  $p<.05$ ). Posthoc-Tests zeigten, dass sich die KG und die FL bzw. FB in diesem Verhältnis nicht signifikant unterschieden. Es zeigte sich aber ein signifikanter Unterschied zwischen der FR und den anderen Gruppen, so zwischen FR und FL (Mann-Whitney- $U=.000$ ,  $p=.016$ ), zwischen der FR und FB (Mann-Whitney- $U=2.000$ ,  $p=.024$ ) und auch zwischen FR und KG (Mann-Whitney- $U=16.000$ ,  $p=.030$ ). Die FL zeigte in diesem Verhältnis den positivsten Wert, arbeitete also im Vergleich deutlich langsamer im AD-RA. Die FR arbeitete nur in der visuell-räumlich fokussierten Aufmerksamkeit langsamer als die anderen Gruppen, welche sich zwar absolut unterschieden (Patientengruppen sind langsamer), aber nicht im Verhältnis (s. Abbildung 17).

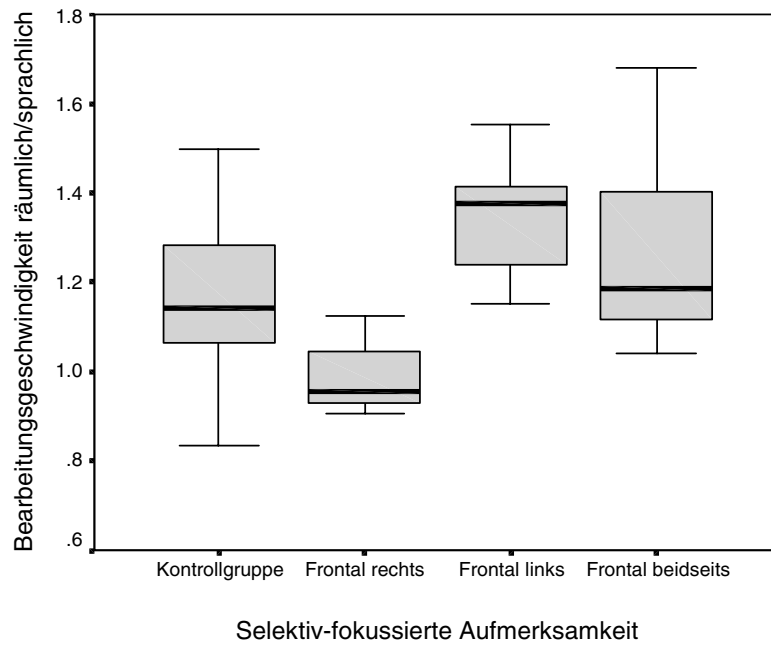


Abbildung 17: Die durchschnittliche Anzahl Richtige (im Verhältnis zueinander) der visuell-räumlich und visuell-sprachlich fokussierten Aufmerksamkeit in den Frontalhirngruppen.

Die Frontalhirngruppen wurden weiter auf ihre Unterschiede in der systematischen und kontrollierten visuell-räumlichen Exploration (Auslassen von ganzen Linien im Deux Barrages und AD-RA) überprüft (Hypothese 4).

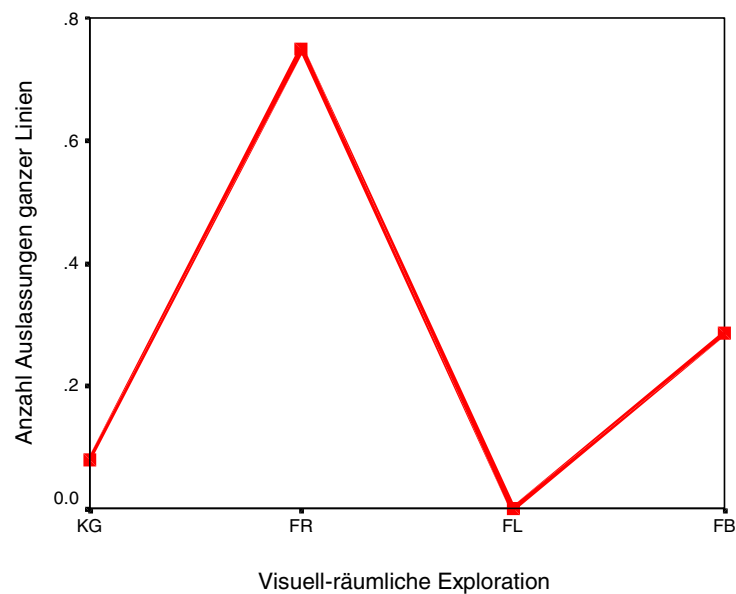


Abbildung 18: Die geschätzten Randmittel der Anzahl ausgelassener ganzer Zeilen im Deux Barrages und im AD-RA in den drei Frontalhirngruppen und in der KG. In der Frontalhirngruppe links hat kein einziger Patient eine ganze Zeile beim visuell-räumlichen Explorieren übersprungen.

Es bestand ein signifikanter Gruppeneffekt ( $F=3.661$ ,  $df=3$ ,  $p<.05$ ). Die Posthoc-Tests zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen der KG und der FR ( $p<.01$ ) und auch zwischen der FR und der FL ( $p<.05$ ), aber nicht zwischen den anderen Gruppen (Abbildung 18). In der FL hatte kein einziger Patient eine Linie ausgelassen. Die FB war nicht schlechter als die KG oder die FL.

In der geteilten Aufmerksamkeit (Hypothese 5) resultierte ein hoch signifikanter Gruppenunterschied in Bezug auf die Bearbeitungsgenauigkeit (Auslassungen) ( $F=6.650$ ,  $df=3$ ,  $p<.01$ ). Posthoc-Tests zeigten, dass die FR schlechter war als die KG ( $p<.01$ ), aber auch schlechter als die FL ( $p<.05$ ). Diese Befunde bestätigten sich nonparametrisch nur teilweise, indem die Signifikanz gegenüber der KG gegeben war (Mann-Whitney- $U=11.000$ ,  $p=.01$ ), jedoch nur tendenziell gegenüber der FL (Mann-Whitney- $U=2.000$ ,  $p=.063$ ) (Abbildung 19). Die anderen Gruppen unterschieden sich nicht voneinander. In Bezug auf die Fehlreaktionen in der geteilten Aufmerksamkeit unterschieden sich die Gruppen nicht signifikant voneinander, so dass die Hypothese 5 in diesem Punkt nicht bestätigt werden konnte.

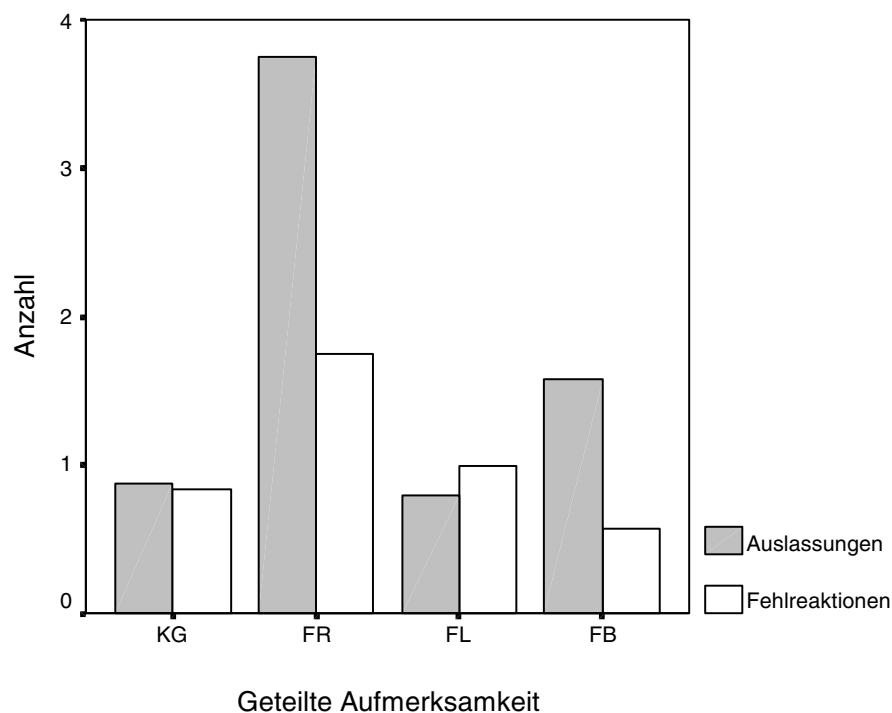


Abbildung 19: Die durchschnittliche Anzahl Auslassungen und Fehlreaktionen in der Aufgabe zur geteilten Aufmerksamkeit in den Frontalhirngruppen.

Im SAS zeigte sich im Arbeitsgedächtnis nach statistischer Kontrolle des Alters ein signifikanter Gruppeneffekt der FR, FL, FB und KG ( $F=6.263$ ,  $df=3$ ,  $p<.01$ ) in der Verlangsamung

der einfachen visuellen Reaktionszeiten im Vergleich zur Verlangsamung im Arbeitsgedächtnis (s. Abbildung 20). Dabei zeigte sich auch eine signifikante Wechselwirkung zwischen den einzelnen Gruppen und der Verlangsamung (Sphärizität angenommen:  $F=3.831$ ,  $df=1$ ,  $p<.05$ ).

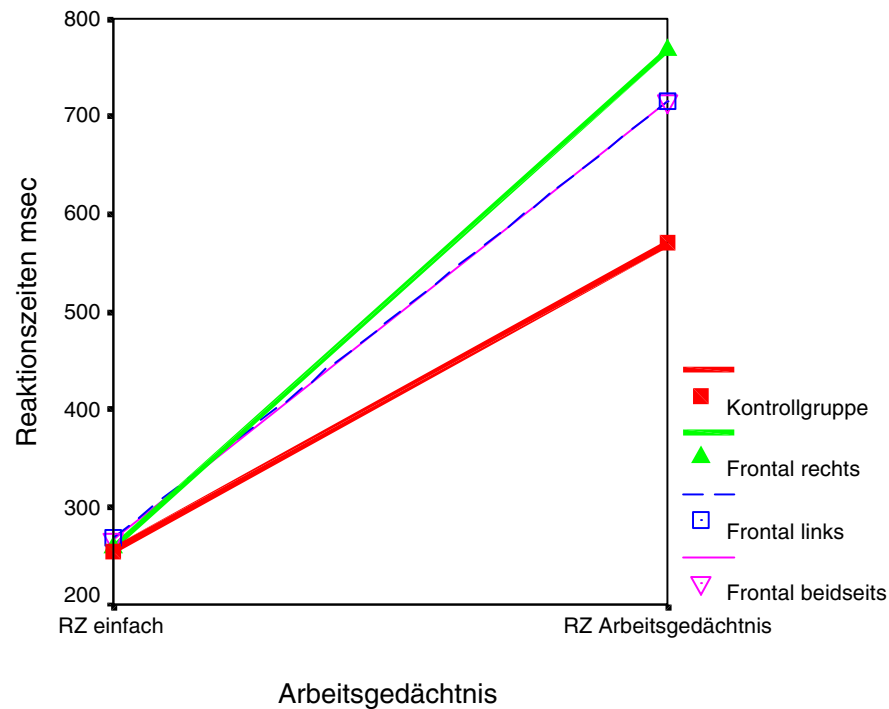


Abbildung 20: Die geschätzten Randmittel der FR, FL, FB und der KG in den Reaktionsgeschwindigkeiten der einfachen visuellen Reaktionsaufgabe und der komplexen Arbeitsgedächtnisaufgabe.

Posthoc-Tests zeigten, dass die FR signifikant langsamer war als die KG ( $p<.05$ ), die anderen Gruppen nur tendenziell langsamer als die KG. Diese Befunde bestätigten sich non-parametrisch nur teilweise, indem das Signifikanzniveau zwischen der FR und der KG knapp nicht mehr signifikant war (Mann-Whitney- $U=19.000$ ,  $p=.051$ ). Die anderen Gruppen unterschieden sich nicht voneinander. Die Hypothese 6 konnte somit nur teilweise im Sinne einer tendenziellen Verlangsamung der FR bestätigt werden, in bezug auf die Auslassungen und Fehlreaktionen zeigten sich die erwarteten Befunde.

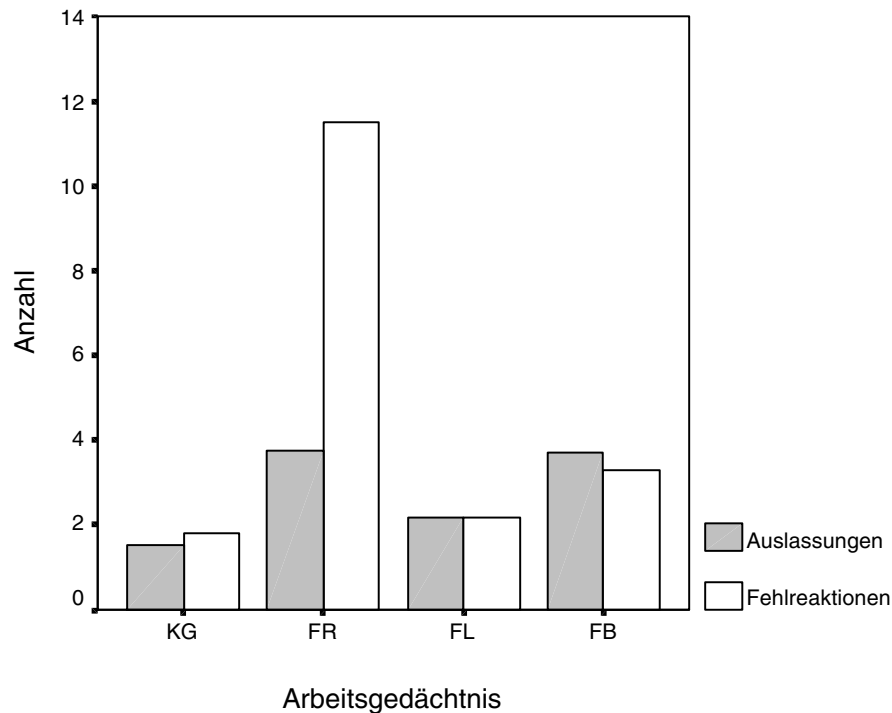


Abbildung 21: Die durchschnittliche Anzahl Auslassungen und Fehlreaktionen in der Aufgabe zum Arbeitsgedächtnis in der Kontrollgruppe und den Frontalhirngruppen.

In der Bearbeitungsgenauigkeit im Arbeitsgedächtnis (vgl. Abbildung 21) zeigte sich auch nach statistischer Kontrolle des Alters ein signifikanter Gruppeneffekt in der Anzahl Auslassungen ( $F=3.136$ ,  $df=3$ ,  $p<.05$ ) und in der Anzahl Fehlreaktionen ( $F=5.130$ ,  $df=3$ ,  $p<.01$ ). Posthoc-Tests zeigten, dass sich in bezug auf die Auslassungen die KG und die FR signifikant unterschieden (Mann-Whitney- $U=18.000$ ,  $p=.043$ ), während es in den anderen Gruppen zu keinen Unterschieden kam. Weiter zeigten sich in der Anzahl Fehlreaktionen signifikante Unterschiede zwischen der FR und allen anderen Gruppen, welche sich wiederum nicht signifikant voneinander unterschieden.

Im SAS in der Denkflexibilität (Abbildung 22) in der Anzahl perseverativer und non-perseverativer Fehler zeigte sich nach statistischer Kontrolle des Alters, dass es einen höchst signifikanten Einfluss des Faktors Gruppe gab ( $F=9.834$ ,  $df=3$ ,  $p<.001$ ). Es bestand tendenziell eine Wechselwirkung mit dem Faktor Gruppe ( $p>.05$ ), insbesondere aber auch eine signifikante Wechselwirkung mit dem Faktor Alter ( $p<.05$ ).



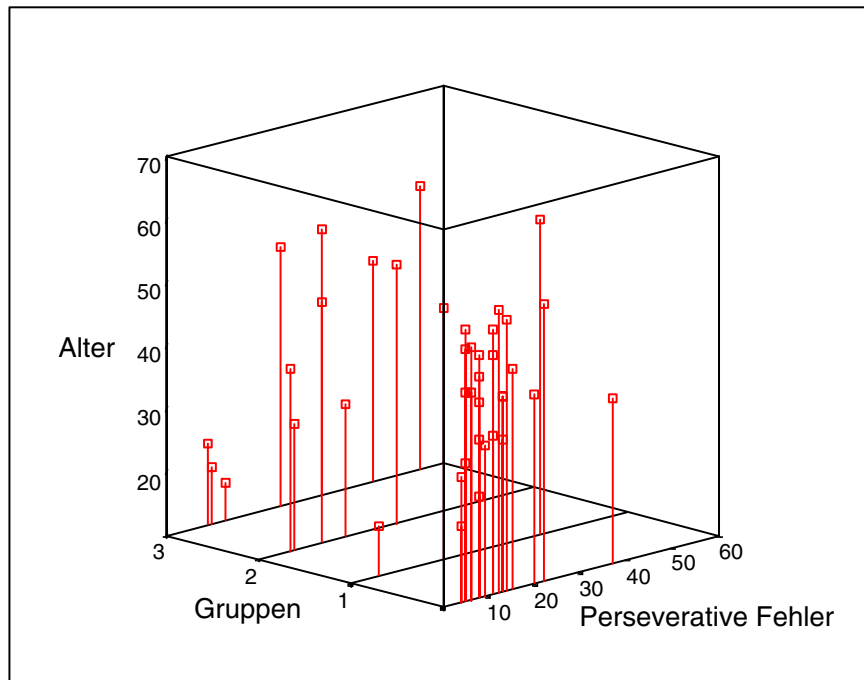


Abbildung 22: Die durchschnittliche Anzahl perseverativer Fehler in den vier Gruppen (0=KG, 1=FR, 2=FL, 3=FB) dargestellt im dreidimensionalen Raum im Verhältnis zum Faktor Alter.

Posthoc-Tests zeigten, dass sich im Sinne der Hypothese 7 die KG signifikant von der FB und der FR unterscheiden ( $p < .05$ ), wobei sich nonparametrisch bestätigen liess, dass die KG und FB signifikant verschieden sind in bezug auf die perseverativen und nonperseverativen Fehler (Mann-Whitney- $U=33.000$ ,  $p=.011$  und Mann-Whitney- $U=38.500$ ,  $p=.023$ ), die KG sich aber im Vergleich zur FR in den perseverativen Fehlern nur tendenziell signifikant unterschied (Mann-Whitney- $U=21.500$ ,  $p=.070$ ) und nicht im Hinblick auf die nonperseverativen Fehler (Abbildung 23). Die KG und die FL unterschieden sich nicht signifikant.

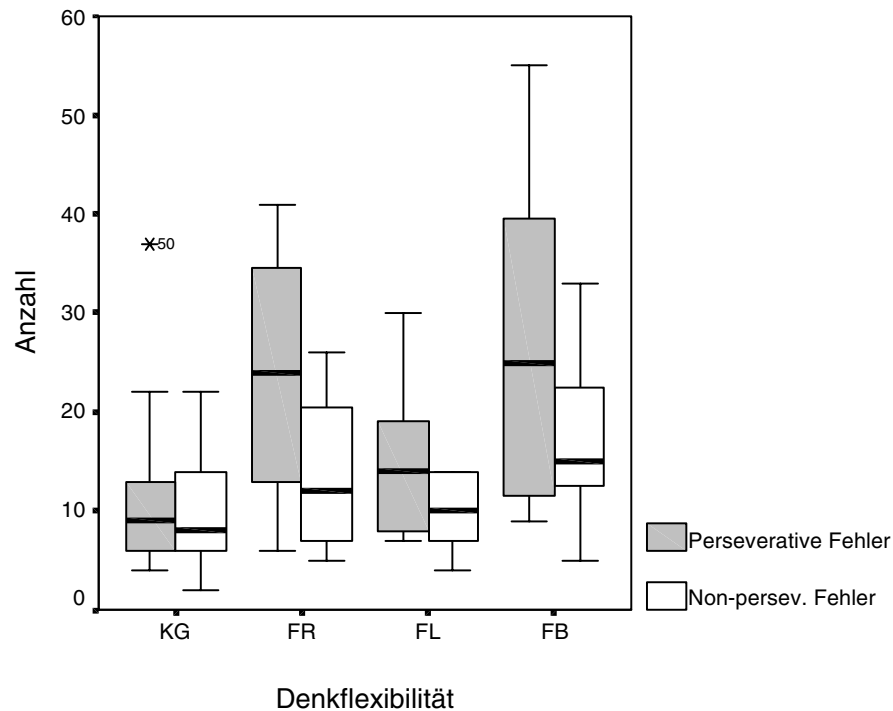


Abbildung 23: Die durchschnittliche Anzahl perseverativer und non-perseverativer Fehler in der Denkflexibilitätsaufgabe des SAS in der Kontrollgruppe und in den Frontalhirngruppen.

Der WCS war der einzige Aufmerksamkeitstest, in dem für das Alter ein hoch signifikanter Einfluss bzw. auch eine hoch signifikante Wechselwirkung mit den Frontalhirngruppen zu verzeichnen war. Dies traf in erster Linie für perseverative Fehler zu. Die Hypothese 7 konnte in bezug auf die Patientengruppen bestätigt werden.

#### 4.4.3. Die Läsionsanalysen der Patienten mit Frontalhirnschädigungen dorsolateral-mesial, orbitofrontal oder beidseits

Die Frontalhirnpatienten wurden im folgenden nach Läsionsort innerhalb der Frontallappen untersucht. Es wurde eine dorsolaterale Gruppe (DLF, N=5) gebildet (Abbildung 24). In diese waren die Patienten eingeteilt worden, die Läsionen im präfrontalen mesialen und dorsolateralen Bereich hatten.

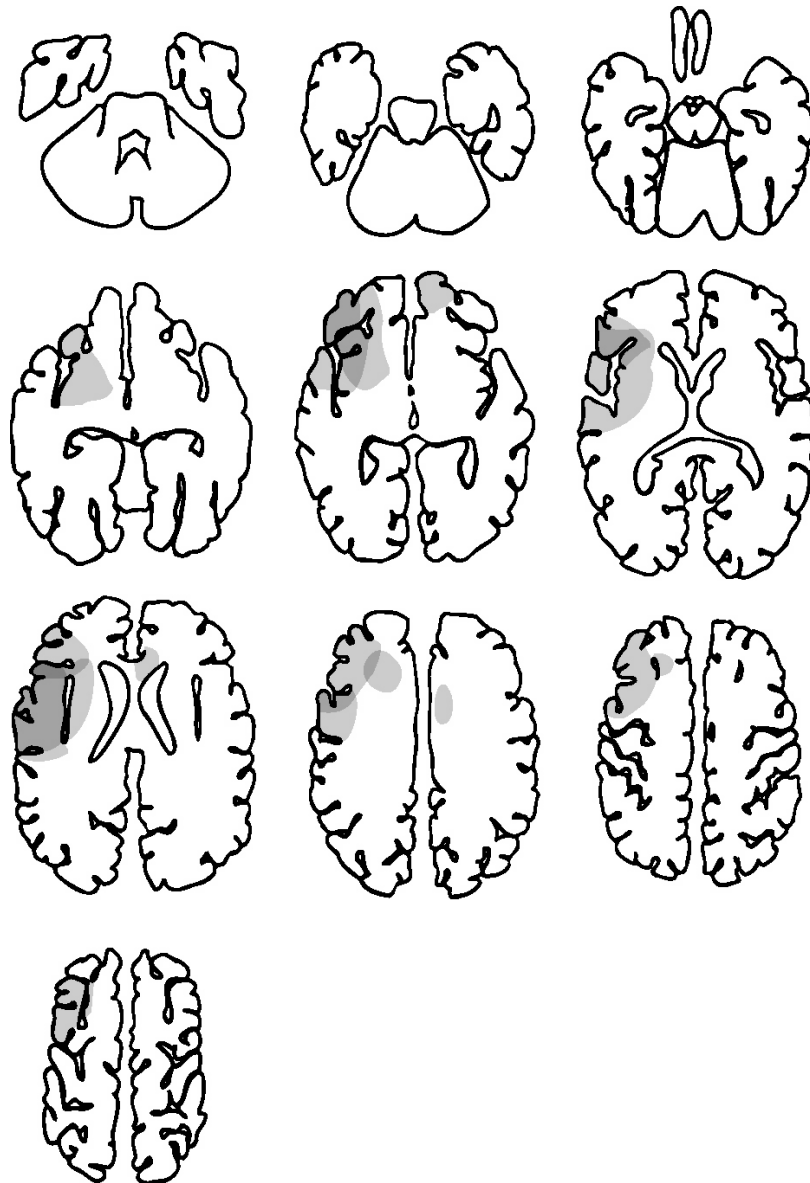


Abbildung 24: Die Läsionsanalyse der Patienten mit fokalen Läsionen im dorsolateralen und mesialen präfrontalen Kortex.

Demgegenüber wurden die Patienten mit fokalen Läsionen im orbitofrontalen Kortex in die orbitofrontale Gruppe (OBF, N=3) (Abbildung 25) und die Patienten, bei denen beide Gebiete betroffen waren in eine dorsolaterale-orbitofrontale Gruppe (DL-OF, N=8) eingeteilt (Abbildung 26).

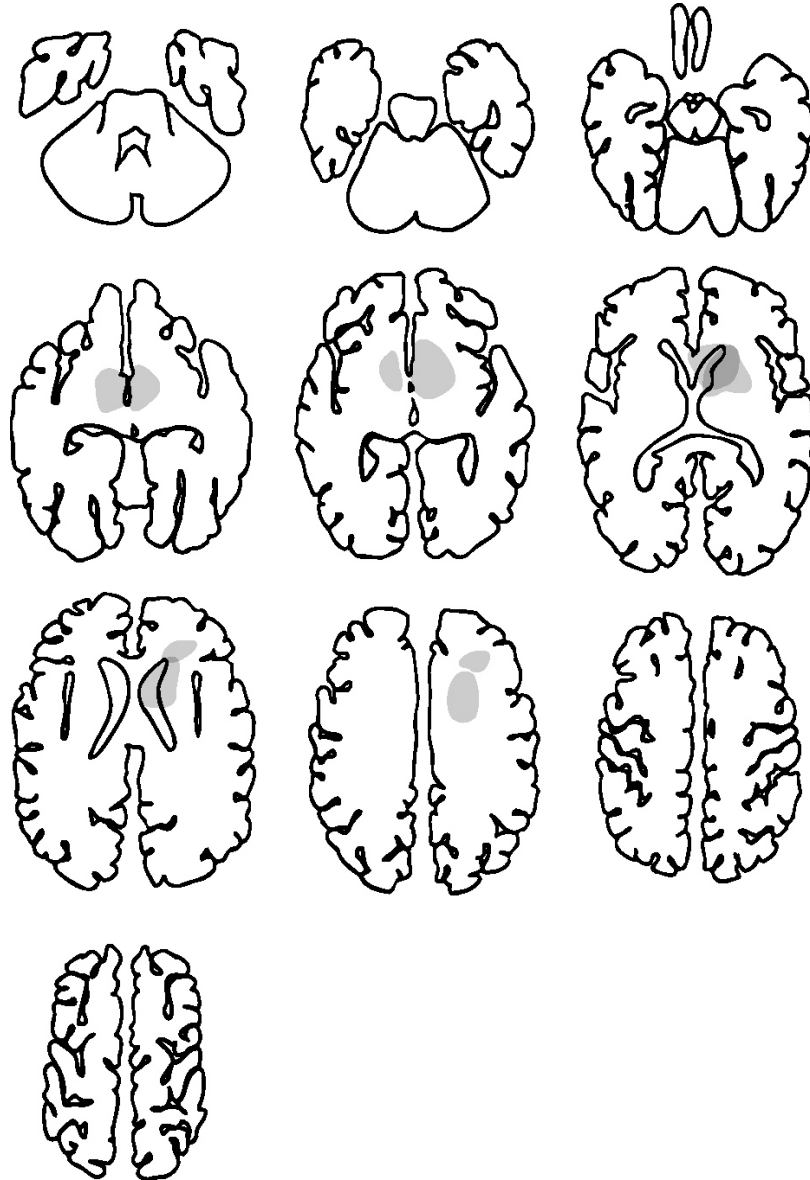


Abbildung 25: Die Läsionsanalyse der Patienten mit fokalen Läsionen im orbitofrontalen Kortex.

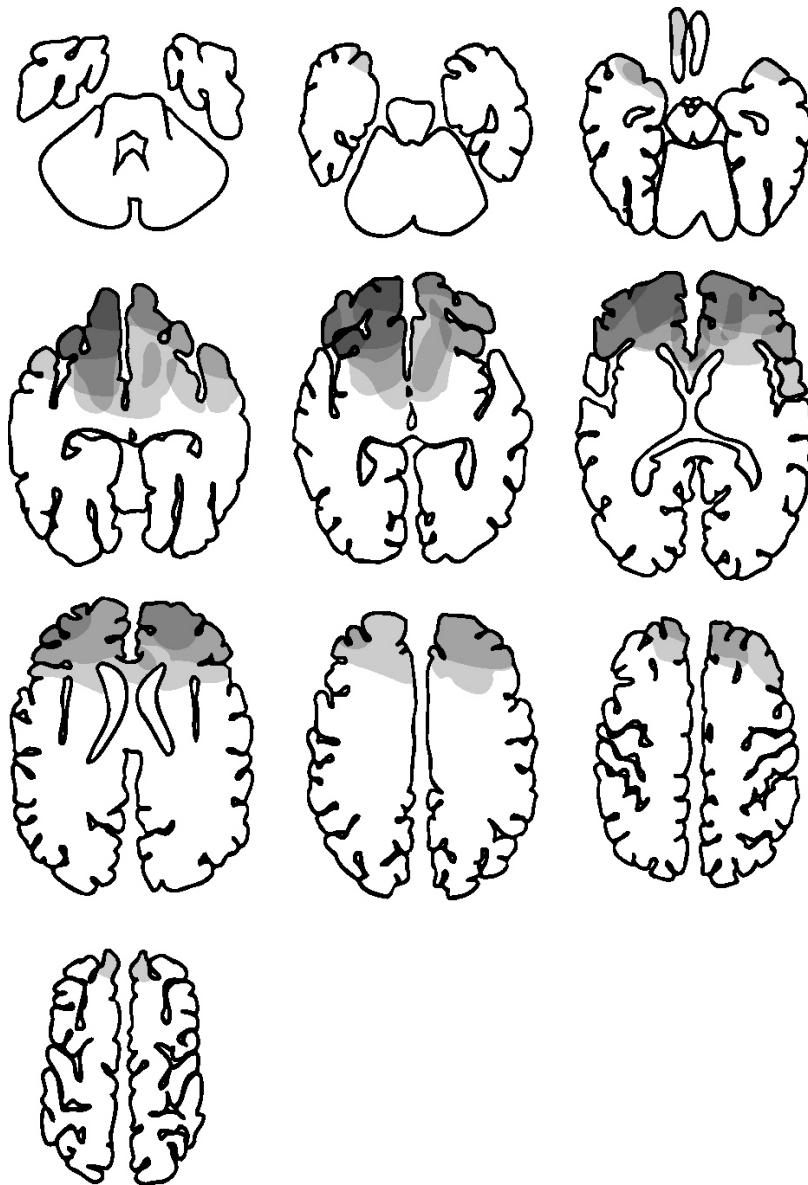


Abbildung 26: Die Läsionsanalyse der Patienten mit Läsionen sowohl im dorsolateralen als auch im orbitofrontalen Kortex.

#### 4.4.4. Die Ergebnisse der Patienten mit Frontalhirnschädigungen dorsolateral-mesial, orbitofrontal oder beidseits in den Aufmerksamkeitsfunktionen

In den fokalen Läsionsgruppen innerhalb des Frontalhirnes zeigte sich in der Selektivität in der fokussierten Aufmerksamkeit in keiner der untersuchten Variablen einen signifikanten Einfluss des Faktors Gruppe (DLF, OBF, DL-OB, KG). Die Gruppen unterschieden sich wie in Hypothese 8 vorausgesagt also weder in der selektiven Aufmerksamkeit nach Go-Nogo noch in der visuell-räumlichen bzw. visuell-sprachlichen selektiven Aufmerksamkeit voneinander.

Die fokalen frontalen Läsionsgruppen unterschieden sich hoch signifikant nach statistischer Kontrolle des Alters in der Selektivität in der geteilten Aufmerksamkeit (Hypothese 9) in bezug auf die Anzahl Auslassungen und Fehlreaktionen ( $F=5.934$ ,  $df=3$ ,  $p<.01$ ) (Abbildung 27). Posthoc-Tests enthüllten einen signifikanten Unterschied in der Anzahl Auslassungen zwischen der KG und der DLF, aber auch zwischen der OBF und der DLF sowie zwischen der DL-OB und der DLF, aber nicht zwischen der DL-OB und der OBF. Die KG und die OBF unterschieden sich nicht, wie auch die KG und die DL-OB. In den Fehlreaktionen unterschieden sich die Gruppen nicht. Diese Befunde konnten nonparametrisch bestätigt werden.

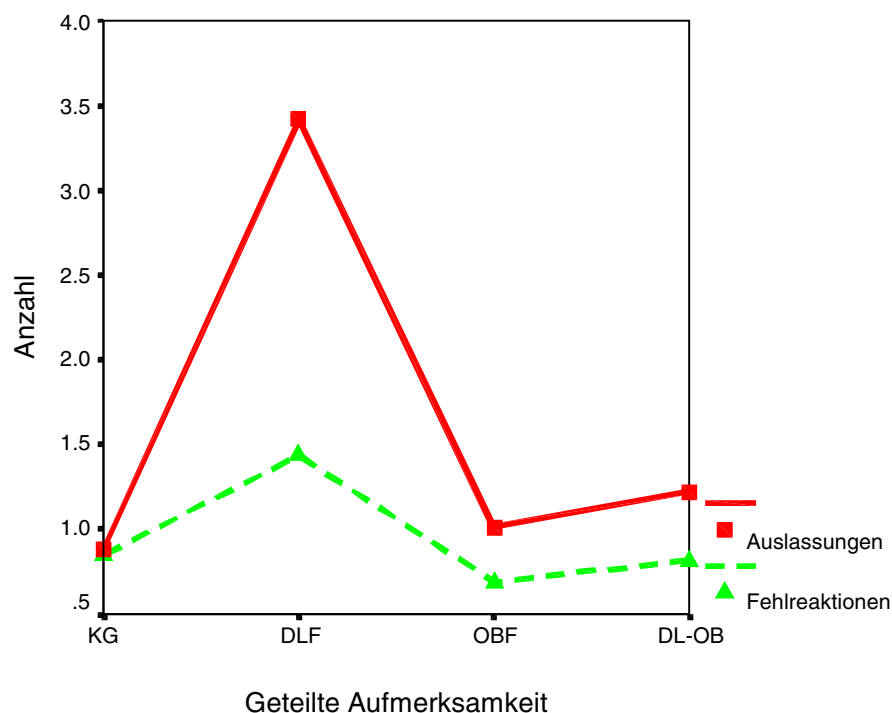


Abbildung 27: Die geschätzten Randmittel der Auslassungen und Fehlreaktionen in der geteilten Aufmerksamkeit in der Kontrollgruppe und in den Fokalen Frontalhirngruppen (DLF=Dorsolateral; OBF=Orbitofrontal; DL-OB=Dorsolateral-Orbitofrontal).

Es zeigte sich, dass es im SAS im Arbeitsgedächtnis (Hypothese 10) nach statistischer Kontrolle des Alters zu signifikanten Gruppenunterschieden in bezug auf die Anzahl Auslassungen ( $F=3.938$ ,  $df=3$ ,  $p<.05$ ) und die Fehlreaktionen kam ( $F=4.028$ ,  $df=3$ ,  $p<.05$ ). Posthoc-Tests erbrachten in den Auslassungen einen signifikanten Unterschied sowohl zwischen der KG und der DL-OB ( $p<.05$ ) als auch zwischen der OBF und der DL-OB ( $p<.05$ ). In der Anzahl Fehlreaktionen kam es zwischen der KG und der DLF ( $p<.05$ ) und zwischen der OBF und der DLF zu signifikanten Unterschieden ( $p<.05$ ). Diese Befunde konnten auch nonparametrisch bestätigt werden (Abbildung 28).

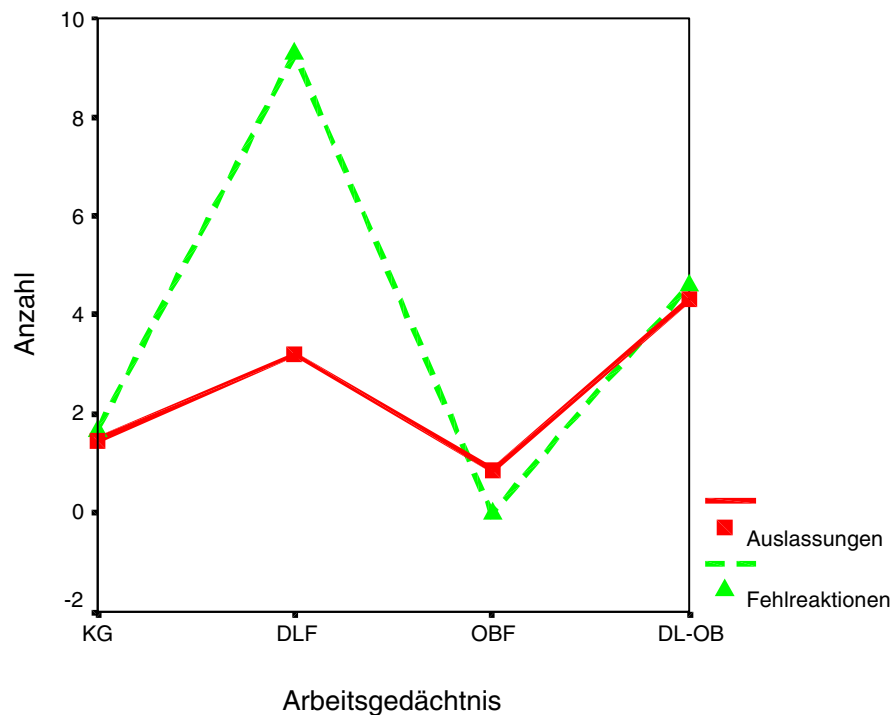


Abbildung 28: Die geschätzten Randmittel der Auslassungen und Fehlreaktionen in der Arbeitsgedächtnisaufgabe des SAS in der Kontrollgruppe und in den Fokalen Frontalhirnregionen (DLF=Dorsolateral; OBF=Orbitofrontal; DL-OB=Dorsolateral-Orbitofrontal).

Im SAS in der Denkflexibilität zeigte sich in den perseverativen Fehlern ein hoch signifikanter Gruppeneffekt ( $F=54.978$ ,  $df=3$ ,  $p<.001$ ) und wiederum ein signifikanter Einfluss des Faktors Alter, jedoch kein signifikanter Einfluss der Wechselwirkung von Alter und Gruppe. Posthoc-Tests zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen der KG und der DLF ( $p<.01$ ) bzw. DL-OB ( $p<.001$ ), aber auch zwischen der OBF und der DL-OB ( $p<.05$ ). In der Denkflexibilität in der Anzahl nonperseverativer Fehler zeigte sich ein knapp nicht mehr signifikanter Unterschied zwischen der KG und der OBF ( $p>.05$ ) sowie der KG und der DL-OB ( $p>.05$ ). Diese Befunde konnten auch nonparametrisch bestätigt werden. Die Hypothese 11 traf damit im ersten Teil zu, konnte allerdings im zweiten Teil nur tendenziell bestätigt werden.

## 4.5 Aufmerksamkeitsfunktionen bei multifokal-diffusen Hirnschädigungen

Aufgrund der Tatsache, dass in neuropsychologisch-klinischen Studien Patienten mit multifokalen Läsionen oft nicht berücksichtigt werden, obwohl sie einen nicht zu vernachlässigenden Teil der Patienten ausmachen, welche in der Klinik angetroffen werden, sollte im folgenden versucht werden, Auswertungsmöglichkeiten für diese Patientengruppe zu finden. In dieser Studie handelte es sich um zehn Patienten (N=10), die in diese multifokale Gruppe eingeteilt wurden. Dabei wurden auch die Patienten mit subkortikalen Hirnschädigungen in diese Gruppe aufgenommen. Insbesondere zwei Patienten mit Schädigungen im Mesencephalon (und Cerebellum) rechts wurden mitberücksichtigt (s. Tabelle 6).

Tabelle 6: Die Beschreibung der Patienten (N=10) der multifokalen-diffusen und subkortikalen Gruppe in Bezug auf die Lokalisation der Läsionen

Patient	Frontal	Temporal	Parietal	Occipital	Subkortikal
1008*	Rechts	Links	Links		
1011	Rechts	Links			
1012*	Rechts		Links		
1013	Rechts+Links	Rechts			
1018*	Rechts+Links	Rechts+Links	Links		
1027*					Mesencephalon +Cerebellum rechts
1029*	Rechts+Links	Links			
1033					Mesencephalon rechts
1035	Rechts	Rechts	Links	Links	
1038*	Rechts+Links	Links	Rechts		

\*Läsionsanalyse vorhanden

Da es auf diesem Gebiet in der Literatur kaum Untersuchungen gibt, wurde der hypothesengeleitete Weg verlassen und ein exploratives Vorgehen eingeschlagen. Ziel war es, die statistischen und läsionsanalytischen Vorgehensweisen zu kombinieren, um eventuell neue Hypothesen formulieren zu können und damit Erkenntnisse über die Aufmerksamkeitsstö-



rungen bei multifokal-diffus hirngeschädigten Patienten zu gewinnen. Allerdings zeigte sich aufgrund der z.T. geringen Patientenzahlen (auch weil nicht alle Läsionsanalysen zur Verfügung standen), dass es sich eher um eine Darlegung einzelner Fälle bzw. in wenigen Fällen auch Einzelfallbeschreibungen handelte. In die Auswertung der Läsionsanalysen der Aufmerksamkeitsleistungen bei multifokal-diffusen Hirnschädigungen wurden Patienten miteinbezogen (s. Tabelle 7), welche in den ausgewählten Aufmerksamkeitsvariablen 2 Standardabweichungen und mehr unter der Kontrollgruppe positioniert waren ( $\geq 2s$ ). Diese wurden verglichen mit den Patienten, welche in diesen Variablen völlig unauffällig ( $\leq -0.5s$ ) waren. Die Kontrollgruppe (N=10) stimmte in Alter, Geschlecht und Bildung mit der Patientengruppe überein.

Tabelle 7: Die Aufmerksamkeitsleistungen der multifokal-diffusen und subkortikalen Gruppe mit deutlichen Störungen ( $\geq -2s$ ) und ohne Störungen ( $\leq -0.5s$ )

<b>Störung JA</b> <b>(<math>\geq -2s</math>)</b>										
<b>Störung NEIN</b> <b>(<math>\leq -0.5s</math>)</b>	1008	1011	1012	1013	1018	1027	1029	1033	1035	1038
<b>Intensität</b>										
RZ Go auditiv	J	N	N	J	N		N	J	J	
RZ Go visuell		N		N		N	N	N	N	J
Phasischer Kennwert		N	N	N	N	N	J	N	N	N
<b>Selektivität</b>										
RZ Go-Nogo auditiv	J	N	N		J		J	N	J	J
RZ Go-Nogo visuell	J	N	N		N			N	N	J
Anzahl Falsch Negative Deux Barrages/AD-RA	J	J	N	N	N	N	J	J	N	J
Anzahl Ausgel. Linien Deux Barrages/AD-RA	N	N	N	N	N	J	J	N	J	J
Anzahl Auslassungen Geteilte Aufmerksamkeit	N	N	J		J	N	N	N		J
<b>SAS</b>										
Anzahl Fehlreaktionen	N		N	N	J	N	J			
Arbeitsgedächtnis										

#### 4.5.1. Die Läsionsanalysen der Patienten mit multifokalen-diffusen Hirnschädigungen in Aufmerksamkeitsfunktionen der Intensität

Patienten mit Störungen ( $\geq -2s$ ) in der einfachen Reaktionszeit im auditiven Wahrnehmungsmodus wurden verglichen mit Patienten ohne Störungen ( $\leq -0.5s$ ) (Abbildung 29). Es zeigte sich, dass Patienten mit einer Störung ausgedehntere Schädigungen in links parietalen (Gyrus supramarginalis) und links temporalen Strukturen (eher posteriore temporale Region, posterior zum auditiven Kortex) aufwiesen. Auch ausgedehntere Läsionen im rechten Frontalhirnbereich (unter Einschluss des rechten anterioren Cingulus) schienen mit der Verlangsamung in einfachen auditiven Reaktionszeiten zu korrespondieren.

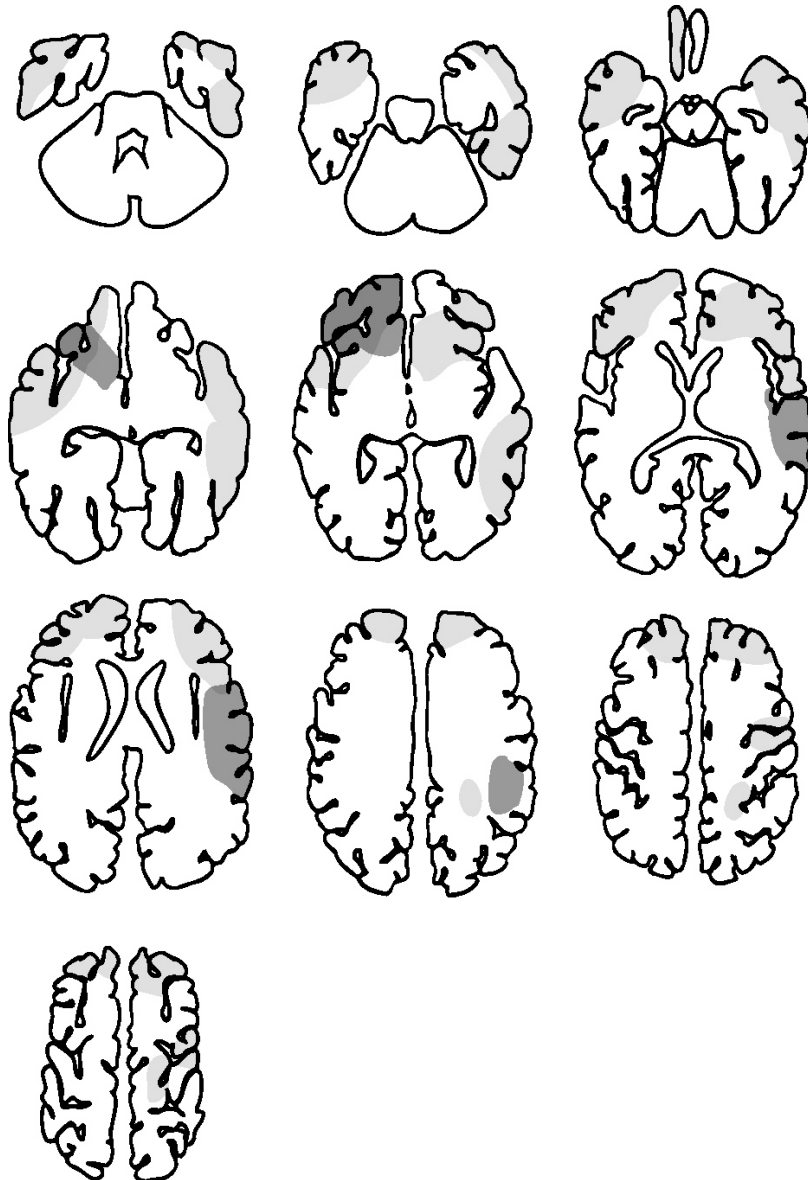


Abbildung 29: Die Läsionsanalyse der Patienten mit (dunkel) und ohne (hell) Störungen in einfachen Reaktionszeiten im auditiven Wahrnehmungsmodus.

Patienten mit Störungen ( $\geq -2s$ ) in der einfachen Reaktionszeit im visuellen Wahrnehmungsmodus wurden verglichen mit Patienten ohne Störungen ( $\leq -0.5s$ ) (Abbildung 30). Es zeigte sich, dass der einzige Patient mit einer Störung im Vergleich zu den Patienten ohne Störung eine Schädigung in rechts parietalen (Gyrus supramarginalis, lateraler Parietallappen) Strukturen zeigte. Schädigungen im Frontalhirnbereich schienen demgegenüber keine oder kaum Auswirkungen auf die einfachen Reaktionszeiten im visuellen Wahrnehmungsmodus zu haben. Mehrere Patienten mit Schädigungen im Frontalhirnbereich (unilateral rechts und bifrontal) zeigten völlig unauffällige Leistungen in den einfachen visuellen Reaktionszeiten.

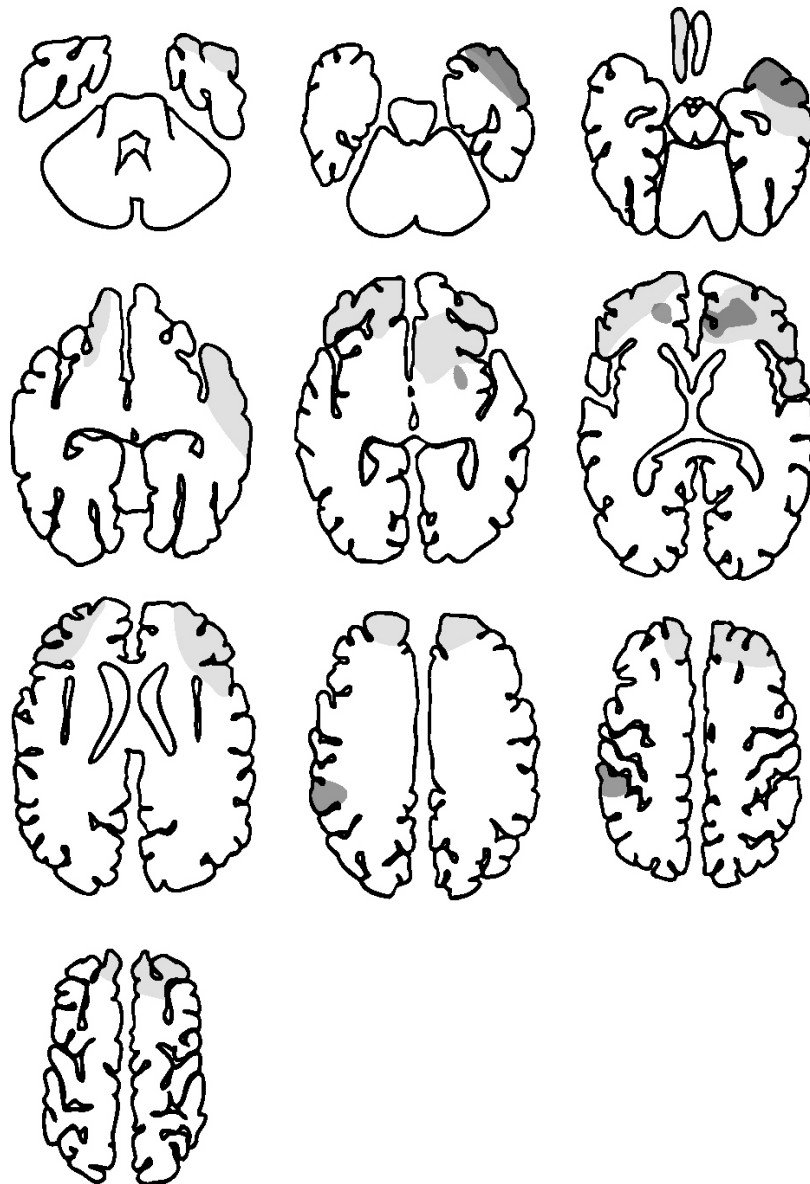


Abbildung 30: Die Läsionsanalyse der Patienten mit (dunkel) und ohne (hell) Störungen in einfachen Reaktionszeiten im visuellen Wahrnehmungsmodus.

In der phasischen Alertness zeigte der einzige Patient mit Störung ausgedehnte Schädigungen in bifrontalen, insbesondere aber auch in links frontalen Strukturen (vor allem präfrontale Region) im Vergleich zu Patienten ohne Störung. Auch links temporale Strukturen (anterior zum auditiven Kortex) könnten eine Rolle spielen, da diese ebenfalls betroffen waren. Es könnte also wichtig sein, dass zuerst ein Ton verarbeitet werden muss, so dass insbesondere auch das Zusammenwirken von links temporalen und links frontalen Strukturen bedeutsam ist.

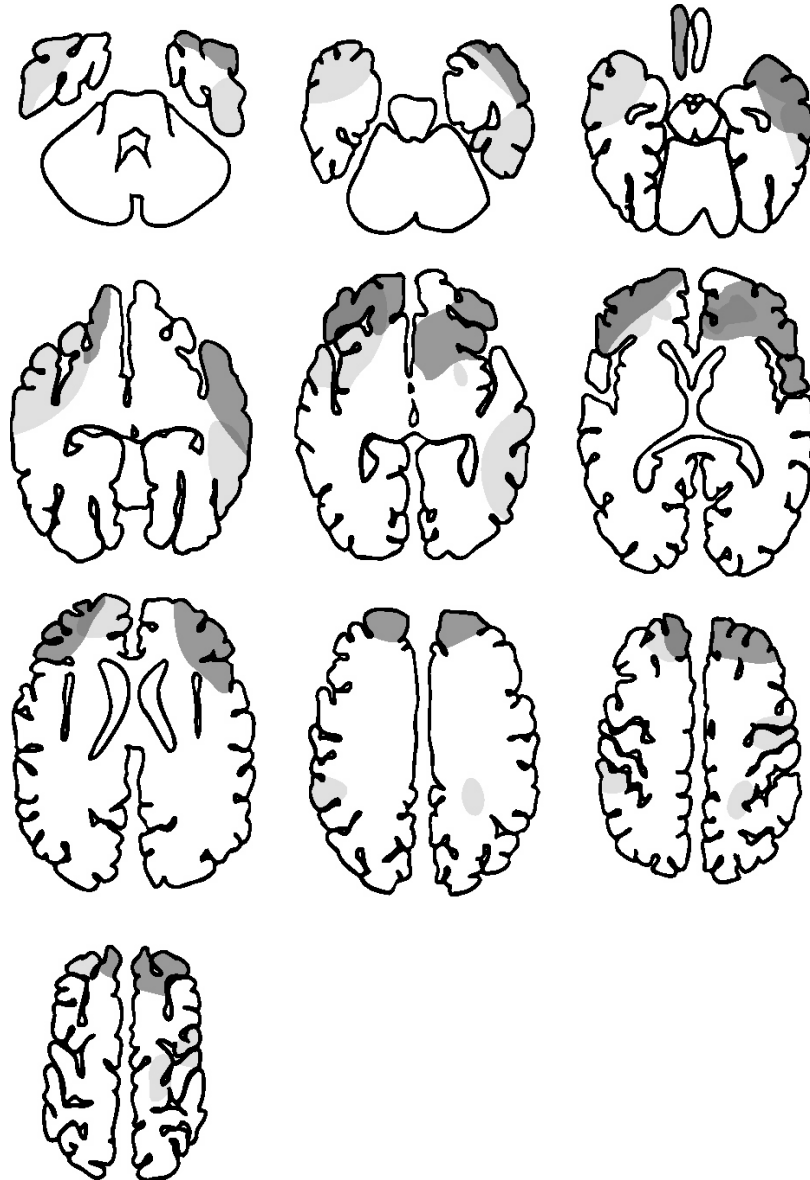


Abbildung 31: Die Läsionsanalyse der Patienten mit (dunkel) und ohne (hell) Störungen in der phasischen Alertness.

#### 4.5.2. Die Läsionsanalysen der Patienten mit multifokalen-diffusen Hirn-schädigungen in Aufmerksamkeitsfunktionen der Selektivität

In der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo im auditiven Wahrnehmungsmodus zeigten Patienten mit ausgedehnten Läsionen in frontalen und temporalen Strukturen Störungen. Dabei kam es in Patienten mit ausgedehnteren Störungen in links fronto-temporalen Strukturen, aber auch in Patienten mit parietalen Läsionen (rechts oder links) zu gestörter selektiv-fokussierter Aufmerksamkeit im Sinne einer Verlangsamung.

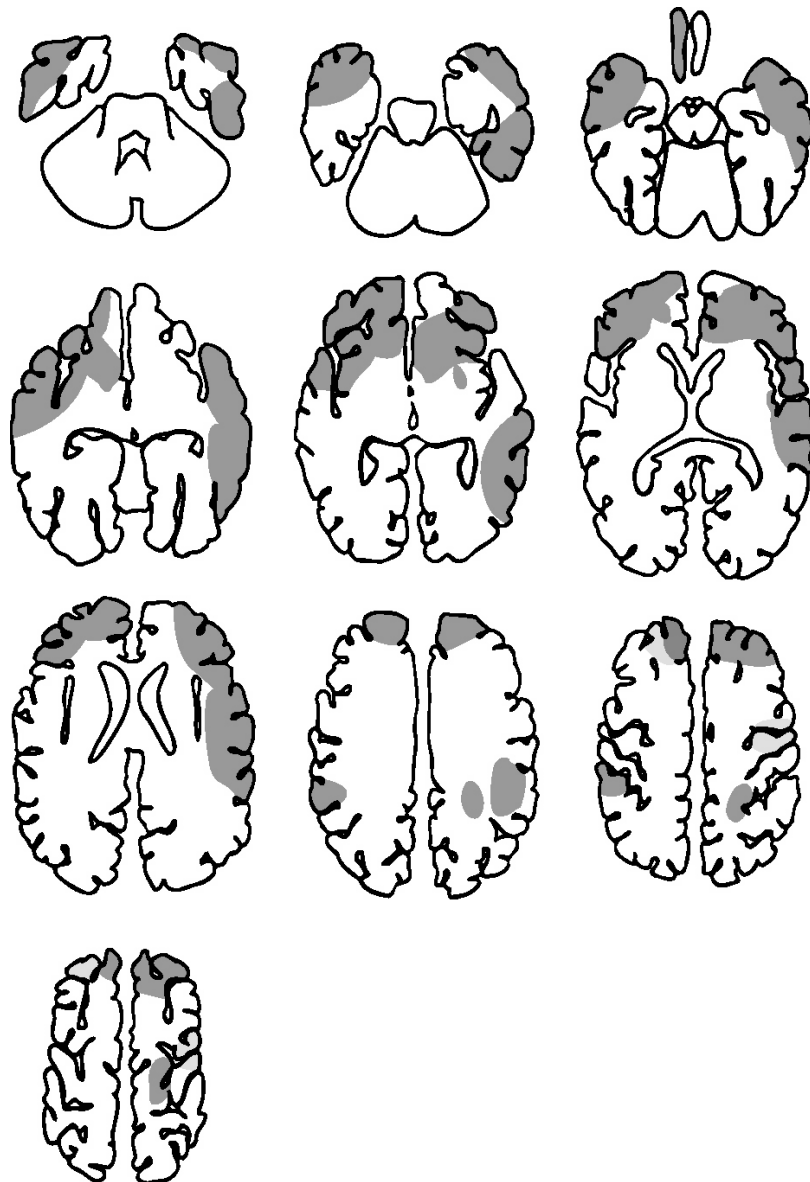


Abbildung 32: Die Läsionsanalyse der Patienten mit (dunkel) und ohne (hell) Störungen in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo im auditiven Bereich.

In der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo im visuellen Wahrnehmungsmodus zeigten Patienten mit Läsionen in parietalen Strukturen (vor allem links, aber auch rechts) Störungen. Dabei kam es in mehreren Patienten mit ausgedehnteren Läsionen in fronto-temporalen Strukturen zu keinen Störungen in der visuellen selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit im Sinne einer Verlangsamung.

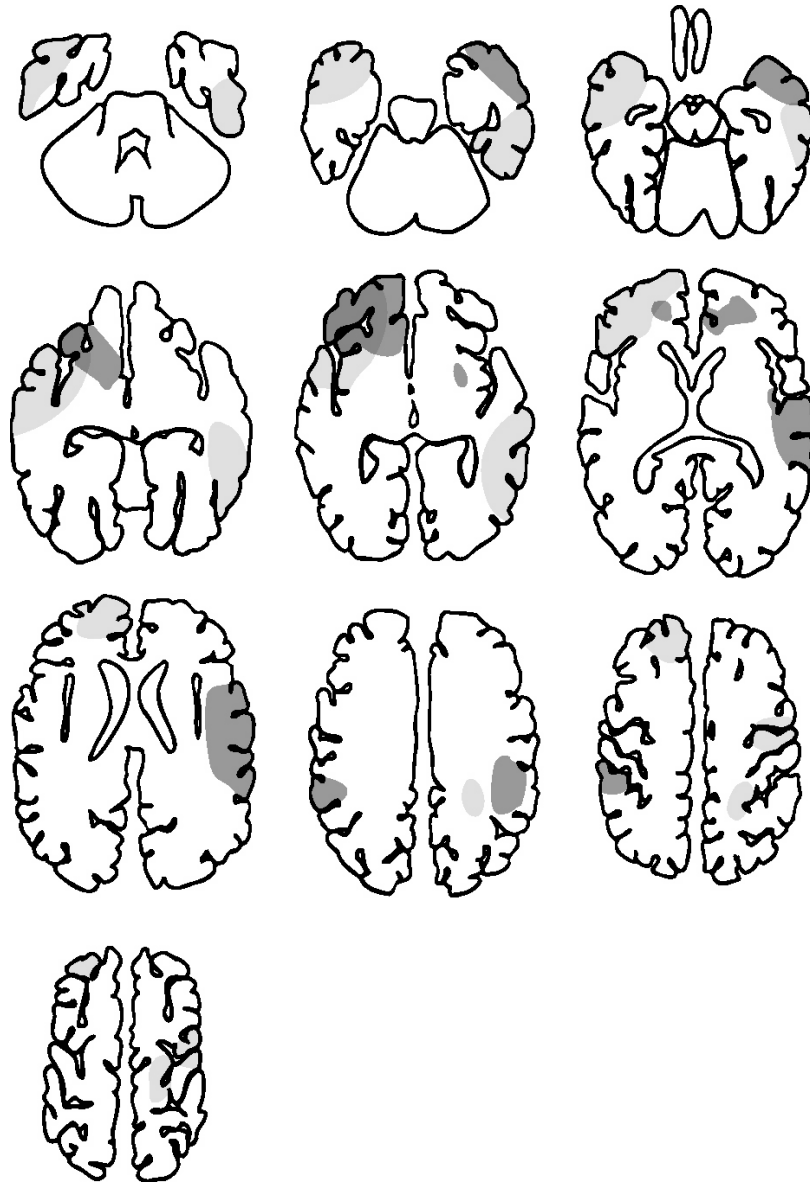


Abbildung 33: Die Läsionsanalyse der Patienten mit (dunkel) und ohne (hell) Störungen in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo im visuellen Bereich.

In der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit in den beiden Verarbeitungsmodi visuell-räumlich oder visuell-sprachlich kam es bei Patienten mit Läsionen in frontalen Strukturen (bifrontal oder frontal rechts) zu übermässiger Störung im Sinne von Schwierigkeiten, irrelevante Informationen (Fehler=Falsch-Negative-Antworten) zu hemmen oder auszuschalten. Auch ein Patient mit subkortikaler Hirnschädigung mesencephal rechts war in diesem Bereich betroffen.

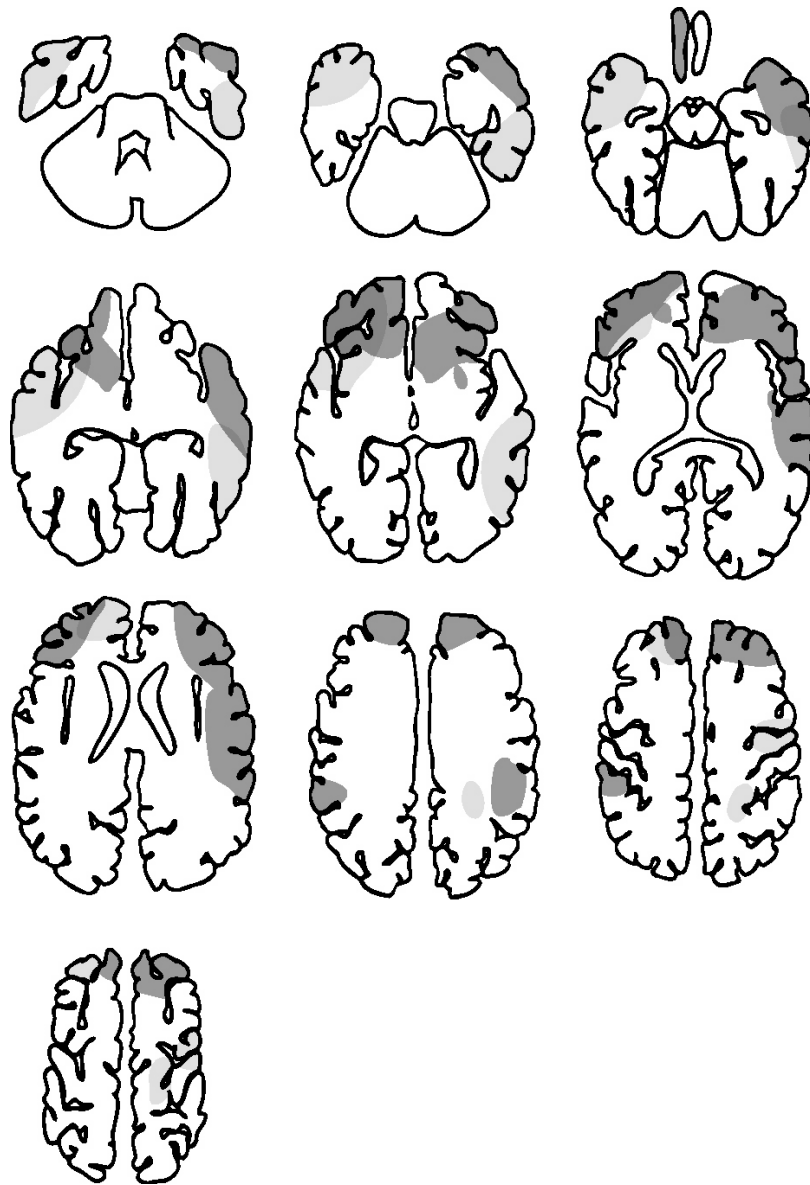


Abbildung 34: Die Läsionsanalyse der Patienten mit (dunkel) und ohne (hell) Störungen in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit im Sinne einer mangelnden Hemmung irrelevanter Informationen.

In der selektiv-fokussierten räumlichen Aufmerksamkeit in der systematischen und kontrollierten visuellen Exploration kam es in Patienten mit Läsionen in frontalen Strukturen (bifrontal oder frontal rechts, vor allem präfrontale mesiale und laterale Bereiche) zu übermässiger Störung im Sinne von Explorationsstörungen oder Auslassungen ganzer Linien als Hinweis für eine vermindert geplante und unsystematische Explorationsleistung. Auch beide Patienten mit subkortikaler Hirnschädigung (mesencephal und mesencephal-cerebellär rechts) zeigten eine schwerwiegende Störung, wobei der Patient mit cerebellärer Läsion nur in dieser einzigen Funktion eine Störung aufwies.

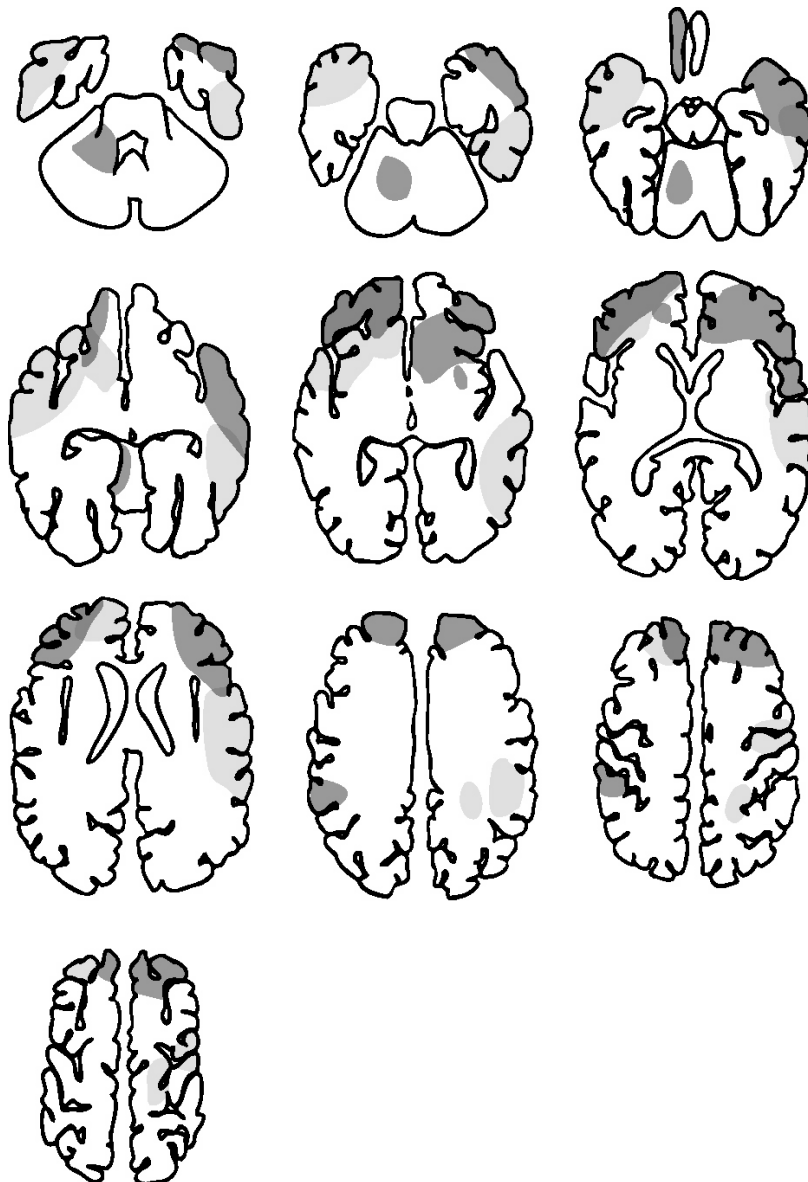


Abbildung 35: Die Läsionsanalyse der Patienten mit (dunkel) und ohne (hell) Störungen in der selektiv-fokussierten räumlichen Aufmerksamkeit (Auslassen ganzer Zeilen beim Explorieren).



In der geteilten Aufmerksamkeit zeigten sich bei Patienten mit sehr verschiedenartigen Störungsmustern schwerwiegende Ausfälle. Insbesondere Patienten mit frontotemporalen Läsionen (rechtsbetont), aber auch mit bitemporalen Läsionen waren auffällig. Patienten mit Läsionen in subkortikalen Strukturen zeigten keine Störung.

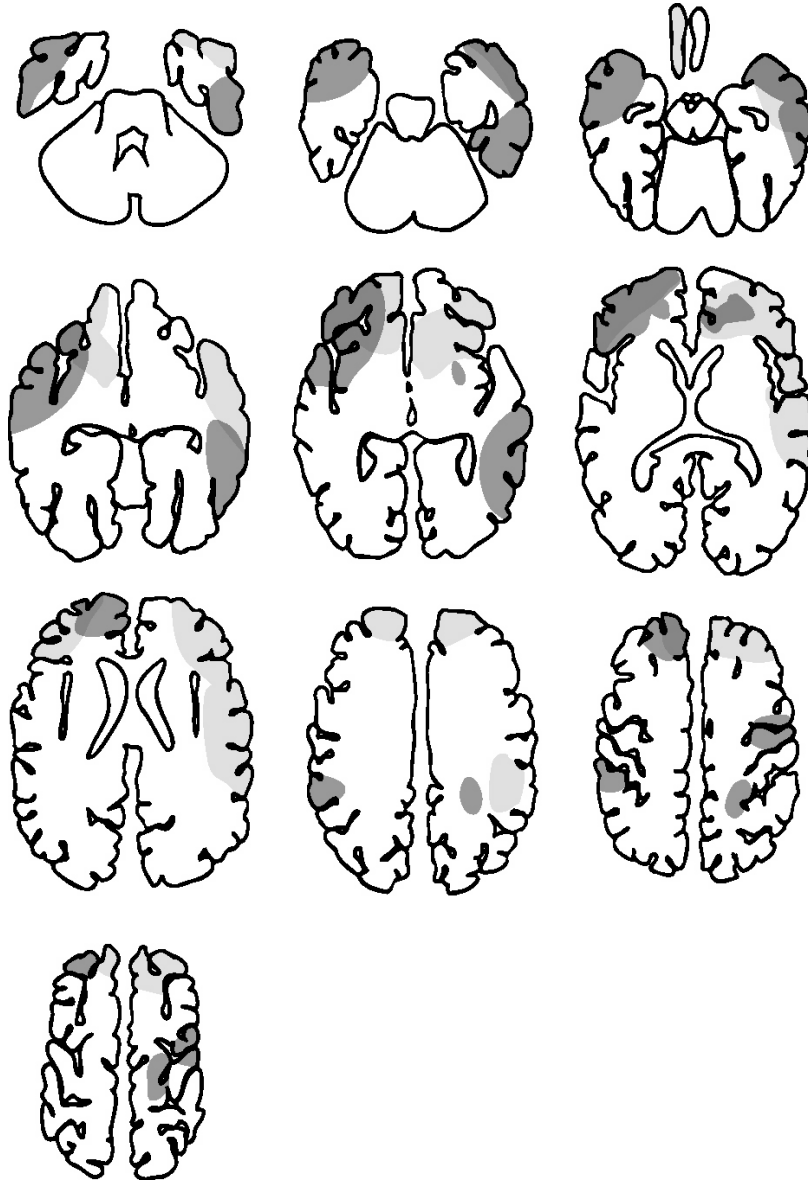


Abbildung 36: Die Läsionsanalyse der Patienten mit (dunkel) und ohne (hell) Störungen in der geteilten Aufmerksamkeit (Auslassungen).

#### 4.5.3. Die Läsionsanalysen der Patienten mit multifokalen-diffusen Hirnschädigungen in Aufmerksamkeitsfunktionen des SAS

Im Arbeitsgedächtnis (Anzahl Fehlreaktionen) kam es in Patienten mit ausgedehnteren bifrontalen (insbesondere auch frontales Operculum und laterale präfrontale Bereiche) und bitemporalen (linksbetonten) Läsionen zu Störungen. Patienten mit Läsionen in subkortikalen Strukturen zeigten keine Störungen.

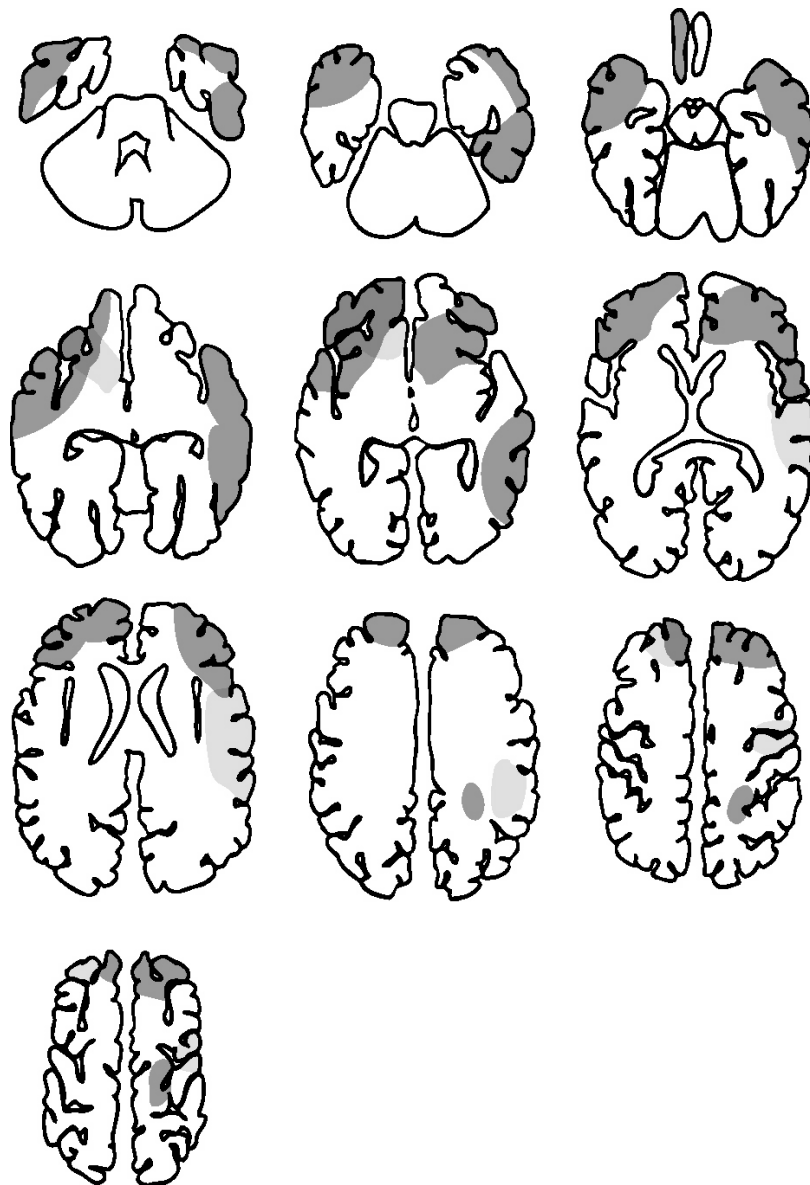


Abbildung 37: Die Läsionsanalyse der Patienten mit (dunkel) und ohne (hell) Störungen im SAS Arbeitsgedächtnis (Fehlreaktionen).

## 5 Diskussion

In dieser Arbeit wurde den Zusammenhängen zwischen fokalen oder diffusen Hirnschädigungen, der Lokalisation und den erhaltenen oder gestörten neuropsychologischen Aufmerksamkeitsfunktionen nachgegangen. Ein besonderer Schwerpunkt war auf die anterioren Hirnstrukturen gelegt worden, so sollten insbesondere auch Patienten mit fokalen uni- oder bilateralen frontalen Hirnschädigungen näher untersucht werden. Es wurden aber auch Patienten mit diffusen Hirnschädigungen mitberücksichtigt.

Ein zentrales Anliegen war weiter, den Einflüssen von modalitäts- und verarbeitungsspezifischen Aspekten und eventuell vorhandenen Wechselwirkungen Rechnung zu tragen. In der Aufmerksamkeitsforschung wurde immer versucht, diese Aspekte von der Aufmerksamkeit möglichst zu trennen bzw. diese Aspekte wurden als Störvariablen behandelt und möglichst nicht mitberücksichtigt.

Schliesslich wurde ein Schwerpunkt der Arbeit auf die selektiv-fokussierte Aufmerksamkeit gelegt, da diese offensichtlich bis anhin kaum differenzierter im Kontext zu anderen Aufmerksamkeitsleistungen untersucht worden war. Diesem Umstand wurde mit dem Erstellen von eigenen Verfahren Rechnung getragen.

### 5.1 Aufmerksamkeitsleistungen in der Schädel-Hirn-Trauma-Gruppe (SHT) oder in der Vaskulären/Tumor-Gruppe (VaTu)

Die SHT zeigten eine allgemeine Verlangsamung in einfachen Reiz-Reaktionszeiten. Sie waren unabhängig vom Wahrnehmungsmodus verlangsamt. In der Daueraufmerksamkeit, in der selektiven Aufmerksamkeit und in der geteilten Aufmerksamkeit wurden keine zusätzlichen (disproportionalen) Verlangsamungen festgestellt, so dass die Befunde der Arbeiten von Spikman (1996) repliziert werden konnten. Auch unter Vorraussetzungen mit sehr stark kontrollierten Prozessen wurden keine Störungen gefunden. Allerdings wurde beobachtet, dass die SHT eine sehr heterogene Gruppe darstellte, in der sich einerseits Patienten mit sehr ausgeprägten Störungen befanden, andererseits aber auch Patienten, welche sich trotz des schweren Verletzungsmechanismus kaum von der Kontrollgruppe in den Aufmerksamkeitsfunktionen unterschieden. Einzig im SAS konnte festgestellt werden, dass qualitative Auffälligkeiten im Arbeitsgedächtnis in den Fehlreaktionen und in der Denkflexibilität in der Anzahl perseverativer Fehler bestehen blieben, die nicht einem Verlangsamungsfaktor zugeordnet werden konnten.

Im Hinblick auf die Schwerpunkte dieser Arbeit, inwieweit selektiv-fokussierte Aufmerksamkeitsleistungen bei verschiedenen Gruppen vom Wahrnehmungsmodus oder Verarbeitungsmodus abhängig sind bzw. die Aufmerksamkeitsleistungen beeinflussen, zeigte sich in der Restaphasiegruppe, dass insbesondere in der auditiven Go-Nogo-Aufgabe in der niedrigsten Intervall-Interstimulus-Bedingung (in der die Reaktion vorbereitet werden musste, da auf jeden Fall eine Reaktion notwendig wurde) ein übermässiger Verlangsamungseffekt bestand. Diese Wechselwirkung konnte nur im auditiven Bereich nachgewiesen werden, so dass angenommen werden musste, dass die Selektivität und der Wahrnehmungsmodus miteinander interferierten (vgl. Murray et al., 1998). Tendenziell spielte auch der Verarbeitungsmodus eine Rolle, indem die Restaphasiegruppe mehr Fehler unter sprachlich-selektiven Aufmerksamkeitsbedingungen beging. Allerdings dürfte die Tatsache, dass diese Aufgabe visuell dargeboten worden war, zu einer Verminderung des Effekts geführt haben. Bekanntlich besteht bei vielen Aphasikern eine Schwäche der auditiv-sprachlichen Merkspanne (phonologische Schleife = serielle Verarbeitung), welche sich bei auditiven Anforderungen (auch wenn keine eigentlichen sprachlichen Informationen verarbeitet werden müssen) erschwerend auswirken (vgl. Jäncke et al., 2002). Dieser Effekt müsste im selektiven Bereich durch die serielle Verarbeitungsweise besonders in Erscheinung treten und dürfte vor allem auch mit der Funktionsfähigkeit des Temporallappens assoziiert sein.

In der VaTu ergaben sich Hinweise, dass kein allgemeiner Verlangsamungsfaktor bestand (einfache Reaktionszeiten, Daueraufmerksamkeit, visuell-räumliche Aufmerksamkeitsverschiebung). Unter selektiven Bedingungen mit mehr kontrolliertem Charakter in der visuell-räumlich und visuell-sprachlich fokussierten Aufmerksamkeit wurde eine Verlangsamung festgestellt. Schliesslich zeigten sich insbesondere im SAS im Arbeitsgedächtnis und in der Denkflexibilität quantitative und qualitative Auffälligkeiten. Die Heterogenität dieser Gruppe kam vor allem zum Ausdruck in den sehr grossen Standardabweichungen in praktisch allen Testverfahren, die sich wesentlich von der Kontrollgruppe unterschieden.

Insgesamt ergaben sich über alle Befunde hinweg Hinweise, dass beide Patientengruppen sehr heterogene Gruppen in bezug auf die Aufmerksamkeitsleistungen sind, so dass sich die Einteilung und die Untersuchung der Gruppen allein aufgrund des Verletzungsmechanismus/der Schädigungsursache als wenig sinnvoll erwiesen.

## **5.2 Aufmerksamkeit im Kontext von rechts- oder linkshemisphärischen Hirnschädigungen**

In der Intensität wurde festgestellt, dass die Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen (RHL) zwar langsamer als die Kontrollgruppe in einfachen Reiz-Reaktionsaufgaben waren, nicht aber ein Unterschied zu den Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen (LHL) bestand (vgl. Audet, 2000).

Es konnte im Bereich der Selektivität die These bestätigt werden, dass die RHL qualitativ schlechter arbeiteten als die Kontrollgruppe. Dies wurde in der visuellen und auditiven Go-Nogo-Aufgabe festgestellt, indem die RHL signifikant mehr Auslassungen in der auditiven Go-Nogo-Aufgabe machten, aber auch signifikant mehr Fehlreaktionen in der visuellen Go-Nogo-Aufgabe als die KG. Die Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen (LHL) unterschieden sich nicht in der Bearbeitungsqualität der auditiven oder visuellen Go-Nogo-Aufgabe zur KG. Im Bereich der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit konnte festgestellt werden, dass die RHL unter stark selektiv-fokussierten Bedingungen schlechter als die LHL und die KG arbeiteten (AD-RA), und tendenziell schlechter im Deux Barrages (vgl. Ruff, 1992). Dies betraf ausschliesslich die Anzahl der Auslassungen. In den Fehlern unterschieden sich die Gruppen aber nicht.

In der geteilten Aufmerksamkeit konnte ebenfalls bestätigt werden, dass die RHL signifikant schlechter als die KG und auch als die LHL in der Anzahl der Auslassungen arbeitete.

Die weiteren Thesen zu den Unterschieden zwischen RHL und LHL wurden darauf bezogen, dass eine unterschiedliche Verarbeitungsweise von visuell-räumlich dargebotenen Reizen (verdeckte Aufmerksamkeitsverschiebung) in bezug auf die rechte oder linke Seite bestehen dürfte. Es zeigte sich, dass die RHL stark verlangsamt waren in allen Bedingungen ausser in der validen Bedingung nach rechts. Auch in der invaliden Bedingung nach rechts waren die RHL signifikant langsamer als die KG oder die LHL. Dies bestätigte den ausserordentlichen Beitrag der rechten Hemisphäre in der Verschiebung der Aufmerksamkeit nach rechts oder links in der invaliden Bedingung (vgl. Mesulam, 1981; Posner & Petersen, 1990). Die Befunde von Rushworth et al. 1997 konnten in dieser Studie nicht bestätigt werden, allerdings waren in seiner Studie ausschliesslich links oder rechts parietale Läsionen mitberücksichtigt worden.

### **5.3 Aufmerksamkeit im Kontext von anterioren oder posterioren Hirnschädigungen**

Patienten mit Störungen in anterioren Strukturen (AL) unterschieden sich nicht signifikant in der Intensität von Patienten mit Störungen in posterioren Strukturen (PL) oder der KG. In der phasischen Alertness liess sich jedoch ein Unterschied ausmachen. Die AL war signifikant schlechter im phasischen Kennwert als die KG oder die PL, was die Bedeutung der anterioren Strukturen für die Fähigkeit zur Contingent Negative Variation herausstrich (vgl. Zimmermann 1992; Sturm, 2001).

In der Selektivität zeigte sich in der visuell-räumlichen Aufmerksamkeitsverschiebung, dass die PL signifikant langsamer war als die KG in allen vier Testbedingungen, aber auch als die AL in den validen Bedingungen nach links oder rechts sowie tendenziell auch in den invaliden Bedingungen. Es konnte die Bedeutung der posterioren Strukturen für die visuell-räumliche Aufmerksamkeitsverschiebung bestätigt werden (vgl. Mesulam, 1981; Posner und Petersen, 1990; Rushworth 1997).

In der Selektivität in der fokussierten Aufmerksamkeit zeigte sich im visuellen Go-Nogo-Test, dass die PL signifikant langsamer als die KG und bis auf eine Bedingung, in der aber auch tendenziell ein Unterschied vorlag, auch signifikant langsamer als die AL war. Im auditiven Go-Nogo-Test war wiederum die PL signifikant langsamer als die KG sowie in der niedrigsten Bedingung (IVI=4) auch langsamer als die AL. AL und PL näherten sich in der IVI=0 Bedingung einander an. Es ergaben sich somit Hinweise, dass die posterioren Strukturen unter einfachen selektiven Bedingungen im visuellen und auditiven Bereich, aber auch im räumlichen Bereich entscheidend für die Reaktionsgeschwindigkeiten sind. In diesen Aufgaben könnte man auch von einer „intensiven oder automatisierten“ Selektivität sprechen, da zwar selektive Bedingungen vorhanden sind, insgesamt aber der Einfluss der wahrnehmungsverarbeitenden posterioren Strukturen und der Strukturen, die für die grundlegenden Alertness-faktoren bestimmend sind, im Vordergrund stehen dürften (vgl. Sturm, 1999; Schnitker, 2002). Interessant ist, dass den anterioren Strukturen zusätzlich in der auditiven Modalität unter fokussierten Bedingungen spezielle Funktionen zugesprochen werden. Dies liess sich ansatzweise zwar in den Befunden erkennen in der höchsten IVI-Bedingung (wenn eine sofortige Reaktion wieder notwendig war), ansonsten widersprach das Ergebnis im auditiven Go-Nogo-Test den Befunden von Benedict et al. 1998, deren Ergebnisse in der auditiven Modalität auch in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nur von einem anterioren Netzwerk ohne Einbezug des posterioren Netzwerkes ausgingen. Möglicherweise ist dies aber

ein Hinweis darauf, dass der Grad der Selektivität einer Aufgabe entscheidend ist. In der hier ausgeführten Go-Nogo-Aufgabe mit dem starken Bezug zu posterioren Strukturen wäre davon auszugehen, dass in dieser Aufgabe eine „intensive oder automatisierte“ Selektivität besteht. Dies würde dazu führen, dass vor allem Prozesse von stimulusbestimmten Reaktionen (vgl. Spikman, 2001) eingesetzt werden. Wenn eine sofortige Reaktion wieder notwendig wurde (vgl. Intervall-Interstimulus von 0), war bei den AL die sofortige Vorbereitung auf die nächste Reaktion nicht im gleichen Masse möglich bzw. führte zu einer Verlangsamung.

Im SAS zeigte sich, dass die AL eine übermässige Verlangsamung in der Arbeitsgedächtnisaufgabe zur KG aufwiesen, was in der PL nicht nachgewiesen werden konnte. Diese zeigten eine Verlangsamung in einfachen Reiz-Reaktionszeiten visuell und in der Arbeitsgedächtnisaufgabe unabhängig vom höheren Schwierigkeitsgrad der Arbeitsgedächtnisaufgabe. An die Rolle des Neokortex, insbesondere auch der präfrontaler Strukturen, als „Entscheidungsinstanz“ als Resultat auch nicht bewusster Vergleichsprozesse sei hier erinnert (vgl. Birbaumer, 1996, S. 499).

Insgesamt ergaben sich über alle Befunde hinweg bei den Einteilungen anterior-posterior Hinweise, dass Unterschiede oftmals vor allem in den Reaktionszeiten bzw. den Verarbeitungsgeschwindigkeiten unter komplexeren Bedingungen und insbesondere im Verhältnis dieser Funktionen zueinander gefunden wurden, weniger aber in qualitativen Aspekten. Für weitere Untersuchungen der Selektivität und des SAS müsste deshalb immer bedacht werden, dass Aufgaben so konzipiert werden, dass quantitative Masse/Zeitmessungen möglich sind und einerseits im Verhältnis zu Zeitmessungen unter verschiedenen Bedingungen andererseits auch im Vergleich zu qualitativen Massen mitberücksichtigt werden. Dabei sollte auch Art und Ausmass der qualitativen Störungen mitberücksichtigt werden bzw. herausgefunden werden, in welchen Situationen vor allem quantitative Faktoren eine Rolle spielen und in welchen Situationen die qualitativen Auffälligkeiten das Bild der Aufmerksamkeitsstörung bestimmen. Die Befunde gehen aber in die Richtung, dass sich differenziertere Einflüsse von Aufmerksamkeitsstörungen auf die Leistungsfähigkeit oft nur durch Unterschiede in der Zeitmessung belegen lassen. Natürlich sind es bei berufstätigen Patienten gerade diese Unterschiede in den Verarbeitungsgeschwindigkeiten, die über die Arbeitseffizienz und damit auch die verwertbare Arbeitsfähigkeit entscheiden.

## 5.4      **Aufmerksamkeitsfunktionen und fokale Frontalhirnschädigungen**

In diesem zentralen Abschnitt der Arbeit wurde den quantitativen und qualitativen Aspekten der neuropsychologischen Aufmerksamkeitsfunktionen insbesondere bei fokal Frontalhirngeschädigten nachgegangen. Es interessierten einerseits die Unterschiede zwischen Geschädigten mit Störungen des rechten und linken Frontalhirns, andererseits aber auch Unterschiede zwischen uni- und bilateralen Frontalhirngeschädigten. In einem letzten Schritt wurde auch der Einfluss des Fokus im Frontalhirn (dorsolateral vs. orbitofrontal) näher untersucht.

In der Intensität in der intrinsischen Alertness oder in der Daueraufmerksamkeit zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den Frontalhirngruppen und der KG. Die Patienten mit Läsionen im rechten Frontalhirn (FR) unterschieden sich somit in keiner der Daueraufmerksamkeitsvariablen von den anderen Gruppen. Dies war auch unabhängig davon der Fall, ob mehr automatisierte oder kontrollierte Prozesse aktiviert wurden (vgl. Rückert, 1996). Die Bedeutung des rechten Frontallappens für die Daueraufmerksamkeit konnte in dieser Arbeit also nicht bestätigt werden. Allerdings wird diese Bedeutung vor allem auch in Vigilanzaufgaben beschrieben (Aufgaben, welche über einen Zeitraum von 30 Minuten ausgeführt werden), einer Funktion, die in dieser Arbeit nicht untersucht wurde. Wielange eine Aufmerksamkeitsaufgabe durchgeführt werden muss, um von einer Daueraufmerksamkeitsaufgabe zu sprechen, darüber ergeben sich in der Literatur keine Hinweise, so dass in diesem Punkt ein Unsicherheitspotential vorhanden ist (in dieser Arbeit wurden die beiden selektiv-fokussierten Aufmerksamkeitsaufgaben 10 Minuten durchgeführt, um einen Time on Task Effect zu bestimmen).

In der Intensität in der phasischen Alertness kam es zu einem signifikanten Unterschied im Kennwert zwischen der KG und den Patienten mit Läsionen im linken Frontalhirn (FL). Die Patienten mit bilateralen frontalen Läsionen zeigten demgegenüber zwar ein ähnliches Muster wie die FL. Sie unterschieden sich aber nicht signifikant von den anderen Gruppen. In der Anzahl antizipierter Antworten unterschieden sich die FL hoch signifikant von der FR und der KG, die FB zeigte wiederum ein ähnliches Muster wie die FL, unterschied sich aber nicht signifikant von den anderen Gruppen. Die Fähigkeit zur phasischen Alertness war somit in dieser Arbeit nicht nur mit Läsionen in anterioren Strukturen (vgl. Kapitel 5.3), sondern auch insbesondere mit Läsionen in links frontalen Strukturen assoziiert. Dies wurde in anderen Untersuchungen nicht gleichermassen beschrieben (vgl. z.B. Audet, 2000).



In der Selektivität nach Wahrnehmungsmodus in den Go-Nogo-Aufgaben zeigten sich keine Unterschiede in den Frontalhirngruppen oder auch im Vergleich zur KG. Dies würde (vgl. Kapitel 5.3) dafür sprechen, dass Frontalhirngeschädigte in den Aufgaben, in denen eine stimulusbestimmte Reaktionsvorgehensweise möglich ist, weder qualitative noch quantitative Einschränkungen in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo aufwiesen. In der Selektivität nach Verarbeitungsmodus zeigten sich aber in den Verarbeitungsgeschwindigkeiten (auch unter Einbezug der Auslassungen) Unterschiede im Verhältnis je nach Verarbeitungsmodus. So arbeitete die FR im Verhältnis signifikant weniger schnell im Deux Barrages als die FL. Die FB zeigte ein ähnliches Verhältnis wie die FL, die Unterschiede waren aber nicht signifikant. In der gedächtnisbestimmten Handlungsvorgehensweise, die auf Kosten der Zeit geht, bestand eine Verlangsamung und zwar abhängig vom Verarbeitungsmodus. So arbeiteten FR in der visuell-räumlich selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit verlangsamt, in der visuell-sprachlich selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit aber nicht.

Wurde die systematische und kontrollierte visuell-räumliche Explorationsleistung miteinbezogen, zeigte sich in beiden Tests, dass die FR signifikant schlechter arbeitete als die KG und als die FL. In der FL liess kein einziger Patient eine Zeile aus. Die FB zeigte ein ähnliches Muster wie die FR, unterschied sich aber zu keiner anderen Gruppe in der visuell-räumlichen Exploration. Die Bedeutung des rechten Frontallappens für die geplante und kontrollierte Exploration im visuell-räumlichen Bereich muss hier bestätigt werden, wozu sich in der Literatur keine Hinweise finden liessen.

In der Selektivität in der geteilten Aufmerksamkeit war die FR signifikant schlechter bzw. machte mehr Auslassungen als die KG und die FL. Verschiedene Autoren bestätigten die Wichtigkeit des rechten Frontalhirns für die geteilte Aufmerksamkeit (vgl. Corbetta et al. 1991, Benedict et al. 1998). Die FB zeigte ein ähnliches Fehlerprofil wie die FR, unterschied sich aber nicht signifikant von allen anderen Gruppen. Entsprechend den Untersuchungen von Madden et al. 1997 müsste dabei insbesondere auch die Bedeutung des Alters hervorgehoben werden durch die höhere Aktivierung der (bi)frontalen Strukturen in Aufgaben zur geteilten Aufmerksamkeit. Während in Aufgaben zur selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit das Alter keinen Einfluss hatte, zeigte sich ein solcher in der geteilten Aufmerksamkeit (qualitative Faktoren). Bilaterale frontale Hirnschädigungen dürften sich bei älteren Patienten anders auf die Fähigkeiten zur geteilten Aufmerksamkeit auswirken als bei jüngeren.

Im SAS im Arbeitsgedächtnis kam es in den Reaktionszeiten zu einer tendenziellen Verlangsamung im Vergleich zu einfachen visuellen Reaktionszeiten. Unter dieser komplexeren Bedingung unterschied sich die FR von der KG, der FL und der FB tendenziell. Die FB zeigte praktisch das gleiche Muster wie die FL. In der Anzahl Auslassungen im Arbeitsgedächtnis unterschied sich die FR nur signifikant von der KG, aber in bezug auf die Fehlreaktionen unterschied sich die FR signifikant von allen anderen Gruppen. Die Fehlreaktionen sind im Arbeitsgedächtnis denn auch am ehesten als qualitativer Faktor bzw. als eigentlicher Verarbeitungsfehler zu sehen und vermutlich weniger als einfache Fehlreaktion im Sinne einer zu wenig kontrollierten Verarbeitung zu werten.

Im SAS in der Denkflexibilität zeigte sich wie erwartet neben den Gruppeneffekten auch ein deutlicher Einfluss des Faktors Alter. Dieser musste deshalb bei den perseverativen und non-perseverativen Fehlern besonders mitberücksichtigt werden. In diesem Bereich zeigte sich als einzigem Aufmerksamkeitstest bei den Frontalhirngruppen, dass die FB schlechter abschnitt (in den perseverativen und nonperseverativen Fehlern) als die KG. Die FR zeigte ein ähnliches Muster wie die FB, wobei ein tendenziell signifikanter Unterschied zu den perseverativen Fehlern zu verzeichnen war. Diese Befunde lassen sich mit den Ergebnissen von Verin, 1993, Partiot, 1996 und D'Esposito, 1999 vergleichen, allerdings wurde in deren Untersuchungen nur die Bedeutung des präfrontalen Kortex herausgestrichen, ohne zwischen den Hemisphären zu unterscheiden. In dieser Studie würden also die Befunde insbesondere darauf hinweisen, dass bilaterale frontale (und tendenziell auch rechtsfrontale) Schädigungen sich besonders negativ auf die Fähigkeit zur Denkflexibilität (gemessen mit dem Wisconsin Cards Sorting Test) auswirken. Besonders aber dürften sich bilaterale frontale Hirnschädigungen bei älteren Patienten erschwerend auf die Denkflexibilität auswirken.

Unter Einbezug des Fokus der Frontalhirnschädigung kam es in der Selektivität in der fokussierten Aufmerksamkeit zu keinen signifikanten Unterschieden (Dorsolateral DLF bzw. Orbitofrontal OBF bzw. Dorsolateral-Orbitofrontal DL-OB). In der geteilten Aufmerksamkeit kam es in der Bearbeitungsgenauigkeit zu signifikanten Unterschieden zwischen der DLF und allen anderen Gruppen, indem die DLF mehr Auslassungen machte. Die Bedeutung des dorsolateralen präfrontalen Kortex unter Bedingungen der geteilten Aufmerksamkeit hatte sich somit wie in vielen Untersuchungen bestätigt (vgl. z.B. Corbetta et al., 1991; Benedict et al. 1998).

Es zeigte sich, dass unter komplexeren Bedingungen, d.h. bei Aufgaben des SAS im Arbeitsgedächtnis die DL-OB im Vergleich zur KG und zur OBF signifikant schlechter abschnitt (mehr Auslassungen). Bei den Fehlreaktionen war es die DLF, die signifikant schlechter als

die KG und die OBF abschnitt. Die Bedeutung des dorsolateralen präfrontalen Kortex für Arbeitsgedächtnisleistungen unter komplexen Bedingungen konnte tendenziell bestätigt werden (vgl. auch D'Esposito 1999). Weiter zeigte sich auch, dass im SAS in der Denkflexibilität in den perseverativen Fehlern die DLF und die DL-OB signifikant schlechter abschnitten als die KG. Die DL-OB war auch signifikant schlechter als die OBF. Es konnte somit teilweise die Bedeutung des DLF für Perseverationen aufgezeigt werden, allerdings war der Einschluss des DLF in der DL-OB-Gruppe genauso bedeutsam. Die Bedeutung des OBF für die Denkflexibilität in den nonperseverativen Fehlern (im Sinne einer mangelnden Hemmung) konnte nur tendenziell bestätigt werden (auch tendenziell unter Einschluss der DL-OB), allerdings umfasste diese Gruppe nur drei Patienten.

Wurden uni- bzw. bilateral frontal Hirngeschädigte miteinander verglichen, zeigte sich, dass sich die bilateral frontal Hirngeschädigten oft nicht signifikant von der Kontrollgruppe unterschieden. Die Muster der Aufmerksamkeitsleistungen glichen sich in dieser Gruppe zwar in beinahe allen Aufgaben der einen oder anderen Frontalhirngruppe an (z.B. in der phasischen Alertness der links frontalen Gruppe, in der geteilten Aufmerksamkeit der rechts frontalen Gruppe), aber nicht stark genug, um signifikante Unterschiede aufzuweisen. Einzig im SAS und insbesondere in der Denkflexibilität ergaben sich Hinweise, dass in diesem Bereich die bilateral frontal Hirngeschädigten signifikante Störungen im Vergleich zu den unilateral frontal Hirngeschädigten aufwiesen. Da in diesem Bereich auch der Einfluss des Alters ausgeprägt war, sei darauf hingewiesen, dass die Ausführung von Aufgaben, deren Bewältigung von stark bewussten und kontrollierten Prozessen abhängen, in älteren Menschen sehr stark von der Funktionstüchtigkeit bilateral frontaler Strukturen bestimmt werden.

## **5.5      Aufmerksamkeitsfunktionen bei multifokal-diffusen Hirnschädigungen**

In diesem klinisch-explorativen Teil der Arbeit wurden einige ausgewählte statistische Ergebnisse kombiniert mit Läsionsanalysen.

Im Bereich der Intensität wurde festgestellt, dass Störungen in einfachen Reaktionszeiten oft mit posterioren Läsionen im Zusammenhang standen, während Patienten mit ausgedehnten Läsionen in frontalen Strukturen rechts oder beidseits keine Verlangsamung zeigten. Nur im auditiven Bereich schienen Schädigungen in rechts frontalen Strukturen, die auf eine Störung vor allem im Alertness-System (vgl. Sturm et al. 1999, 2001) hinweisen könnten, einen zusätzlichen Einfluss zu haben. Überhaupt schien das auditive System anfälliger zu sein für Störungen in einer stimulusbestimmten Reaktionsvorgehensweise. Dies würde darauf hinweisen, dass im auditiven System Aufmerksamkeitsstörungen stärker hervortreten bzw. Wechselwirkungen zu verzeichnen sind (zwischen der Verarbeitung auditiver Wahrnehmungsinformationen und der Aufmerksamkeitsleistung). Dies wurde sowohl in der intrinsischen Alertness wie auch in Funktionen der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo beobachtet. Es könnte sein, dass im auditiven Wahrnehmungsmodus die Kapazitätsgrenze schneller erreicht wird (nur Speed-Komponente), was zu einer vermehrt kontrollierten Verarbeitung führt. In der phasischen Alertness konnte wie bereits in den Ergebnissen der fokalen Frontalhirnschädigungen die Bedeutung der links frontalen Strukturen unterstrichen werden. Die Bedeutung der links temporalen Strukturen in Aufmerksamkeitsleistungen dürfte dabei unterschätzt werden, da die Aktivierung dieser Strukturen oft ausschliesslich mit den primären Wahrnehmungsprozessen in Verbindung gebracht wird (vgl. Benedict et al. 1998, Jäncke et al. 2002). Die Befunde dieser Studie weisen aber auf starke Interaktionen hin, so dass eine stimulusbestimmte Reaktionsvorgehensweise insbesondere im auditiven Wahrnehmungsmodus wesentlich von der Funktionstüchtigkeit der temporalen Strukturen abhängen wird.

In der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo im visuellen Bereich zeigte sich, dass vor allem posteriore Läsionen (insbesondere auch parietale) eine Rolle spielen könnten (vgl. auch Kapitel 5.3). Es schienen eher ausgedehntere Läsionen zu Störungen zu führen, wobei rechts- oder linkshemisphärische Läsionen vertreten waren. Corbetta et al. (1991, 1995) zeigten in ihren Aktivierungsstudien die Bedeutung posteriorer Strukturen in der visuellen selektiven Aufmerksamkeit, so dass je nach Kriterium, z.B. Farbe und Form, die occipito-temporalen Strukturen, bei Kriterien wie z.B. Geschwindigkeit und Lokalisation die occipi-

to-parietalen Strukturen aktiviert wurden. Wiederum dürfte eine stimulusbestimmte Reaktionsvorgehensweise von den posterioren Strukturen abhängen und somit auch mit selektiv-fokussierten Aufmerksamkeitsfunktionen in Wechselwirkung stehen. Insbesondere die Funktion der Aufmerksamkeit als Integrationsfaktor sensorischer Reize oder als Faktor, der sensorischen Reizen eine räumliche und/oder zeitliche Kohärenz verschafft, müsste hervorgehoben werden. Diese Funktionen würden entsprechend vermehrt von temporalen oder parietalen Strukturen mitbeeinflusst.

In der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit im Hemmen von irrelevanten Informationen wurde, wie bereits in den Ergebnissen zu den fokalen Frontalhirnschädigungen beschrieben (vgl. Kapitel 5.4), die Bedeutung von frontalen und insbesondere rechtsfrontalen Strukturen ersichtlich. Dies zeigte sich auch in der visuell-räumlich selektiven Aufmerksamkeit im Explorieren von Linien (Planen einer systematischen und kontrollierten Exploration). Hier kam es zu ähnlichen Störungsmustern. Interessanterweise zeigte auch ein Patient mit subkortikaler Schädigung (cerebellär-mesencephal) besondere Schwierigkeiten. In diesem Zusammenhang sei auf die Bedeutung von subkortikal-frontalen Regelkreisen hingewiesen (vgl. Alexander et al., 1986).

In der selektiv-geteilten Aufmerksamkeit zeigte sich, dass frontotemporale Läsionen eine Rolle spielen könnten. Schwierigkeiten hatten vor allem Patienten mit betont rechtshemisphärischen Läsionen, in denen sowohl frontale als auch temporale Strukturen betroffen waren. Die Befunde sprechen dafür, dass in komplexeren Aufgaben verschiedene Gründe eine Störung herbeiführten. Einerseits wäre an eine Störung in der Alertness und Aufmerksamkeitskapazität (im Sinne einer Speed-Komponente) zu denken (vgl. 4.4), andererseits dürften aber auch wahrnehmungs- und verarbeitungsspezifische Einflüsse eine Rolle gespielt haben und schliesslich könnte auch eine Störung der eigentlichen Kontroll-Komponente vorliegen. Die Kombination von Schwierigkeiten oder verschiedene Ursachen an und für sich könnten zu Störungen in der geteilten Aufmerksamkeit führen.

Im SAS zeigte sich wie bereits in der geteilten Aufmerksamkeit, dass verschiedenartige Läsionsmuster durch eine Kombination von Schwierigkeiten zu Störungen im Arbeitsgedächtnis führen könnten. Wiederum schienen frontotemporale Strukturen eine prominente Rolle zu spielen, insbesondere aber auch links temporale Läsionen, was neben Funktionen von Aufmerksamkeitskapazität und Kontrolle auch für einen verarbeitungsspezifischen Einfluss sprach (Zahlenverarbeitung).

Insgesamt zeigte sich, dass in der multifokal-diffusen Gruppe diejenigen Patientinnen und Patienten in verschiedenen und mehreren Aufmerksamkeitsfunktionen (Intensität, Selektivität, SAS) Störungen zeigten, welche einerseits in frontalen Strukturen andererseits sowohl in temporalen wie auch in parietalen Strukturen Läsionen hatten. Dies muss für die Auswirkungen der Störungen im Alltag mitberücksichtigt werden, d.h. diese Patientinnen und Patienten dürften im Alltag besonders eingeschränkt sein, da sie in verschiedenen Aufgaben und unter verschiedenartigen Bedingungen Leistungsdefizite quantitativer und/oder qualitativer Art aufweisen werden. Es ist möglich, dass Patientinnen und Patienten, bei denen „nur“ eine Ursache der Funktionsstörung betroffen ist, in der Lage sind, dies zu kompensieren. Die Frage wäre dann, welche Kompensationsmöglichkeiten bei welchen Funktionsstörungen unter welchen Bedingungen möglich sind. Da aber die untersuchten Aufmerksamkeitsfunktionen Teil verschiedenster Tätigkeiten sind, kann die Bedeutung von Aufmerksamkeitsstörungen in der effizienten Gestaltung und Bewältigung von Alltags- und Berufsaufgaben nicht genug unterstrichen werden.

## **5.6 Selektiv-fokussierte Aufmerksamkeit: Die Diskussion der Befunde der eigenen Verfahren**

Die Befunde der eigenen Verfahren, welche die selektiv-fokussierte Aufmerksamkeit näher bestimmen sollten, erbrachten zwei Arten von fokussierter Aufmerksamkeit. Im Go-Nogo-Teil mit einfachen visuellen oder auditiven Reaktionszeiten, in denen aus drei Reizen nur auf einen reagiert werden durfte ausser wenn dieser visuell oder auditiv verändert war (roter Balken bzw. leiser Ton) zeichnete sich ab, dass es so etwas wie eine intensive oder automatisierte Selektivität gibt (vgl. auch "stimulusbestimmte Reaktion" bei Spikman, 2001). Der Vergleich zu den automatisierten Prozessen der kognitiven Psychologie oder zur Speed-Komponente im Sinne einer zur Verfügung stehenden Aufmerksamkeitskapazität sei hier gezogen. Es waren überaus enge Beziehungen in diesen Funktionen zwischen einerseits visuellen und auditiven Wahrnehmungs-, visuell-räumlichen Wahrnehmungs- und Alertness-funktionen und andererseits den posterioren und rechtshemisphärischen Strukturen gegeben (vgl. auch posteriores Netzwerk von Posner & Petersen, 1990). Im Gegensatz dazu kam es in der fokussierten oder kontrollierten Selektivität mit den entsprechenden Verarbeitungsmodi (Heraussuchen von 2 Reizen aus 8 verschiedenen visuell-räumlichen oder sprachlichen Vorgaben) zu einem ganz anderen Bild. Hier zeigten sich starke Verbindungen zu frontalen Strukturen (vgl. auch "gedächtnisbestimmte Handlung" bei Spikman, 2001). Dabei ging es einerseits um enge Verbindungen zum Arbeitsgedächtnis (vgl. auch anteriores Netzwerk von Posner & Petersen, 1990), aber auch um sehr kontrollierte Prozesse im Sinne der kognitiven Psychologie oder einer Kontrollkomponente/Komponente der zentralen Exekutive. Im visuell-räumlichen Bereich führten diese Prozesse zu kontrollierter Exploration mit enger Beziehung zu rechts frontalen Strukturen. Dies waren Prozesse, die als Aufmerksamkeitsselektionsprozesse im engeren Sinne zu verstehen waren. Die Beziehungen zu den in der kognitiven Psychologie als Top-down-Prozessen beschriebenen Vorgängen sind evident.

Insgesamt zeigte sich also, dass es zwei Arten von Vorgehensweisen gibt. Ob die eine oder andere eingeschlagen wird, hängt von den Gegebenheiten der Aufgabe, aber auch von den Möglichkeiten des Einzelnen ab ("Endogener Faktor"). Wenn Schwierigkeiten bestehen, eine intensive oder automatisierte Selektivität zu erbringen, dann dürfte die Folge davon sein, zu versuchen, über vermehrt kontrollierte, gedächtnisbestimmte Handlungen die Leistung zu steigern. Umgekehrt führen Schwierigkeiten in der fokussierten oder kontrollierten Selektivität zum Versuch, dies über vermehrt automatisierte, stimulusbestimmte Reaktionen zu kompensieren. Beide Vorgehensweisen haben Vor- und Nachteile. Je nachdem dürfte die ver-

mehrt stimulusbestimmte Reaktionsvorgehensweise bzw. Schwierigkeiten in einer solchen auf Kosten der Genauigkeit gehen. Die vermehrt gedächtnisbestimmte Handlungsvorgehensweise bzw. Schwierigkeiten in einer solchen dürfte demgegenüber auf Kosten der Zeit gehen. Es ist auch davon auszugehen, dass ein Wechsel der Vorgehensweise nicht immer möglich ist (z.B. unter Zeitdruck), so dass dann Leistungseinbrüche (Auslassungen und Fehlreaktionen) die Folge sein werden. Dies zeigte sich in den rechtshemisphärisch geschädigten Patienten, welche in der intensiven oder automatisierten Selektivität nicht in der Lage waren, genügend genau zu arbeiten, was im visuellen Bereich vermehrt zu Fehlreaktionen, im auditiven Bereich vermehrt zu Auslassungen führte.

In der visuell-räumlich oder visuell-sprachlich fokussierten Aufmerksamkeit zeigte sich, dass rechts- und linkshemisphärische verarbeitungsspezifische Einflüsse bei Frontalhirngeschädigten bestehen. Die rechtsfrontalen Patienten waren in der fokussierten oder kontrollierten Selektivität nicht verlangsamt, unter visuell-räumlichen Bedingungen zeigte sich aber im Verhältnis eine Verlangsamung. Die linksfrontalen Patienten waren an und für sich deutlich verlangsamt, was der Ausdruck einer übermässigen Schwierigkeit in der gedächtnisbestimmten Handlungsvorgehensweise sein könnte. Unter visuell-sprachlich fokussierten Bedingungen kam es zu einer akzentuierten Verlangsamung. Es konnte weiter gezeigt werden, dass kontrollierte Explorationsleistungen in starkem Masse von der Funktionstüchtigkeit rechts frontaler Strukturen abhängen.

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass der Wahrnehmungsmodus und der Verarbeitungsmodus in selektiven Aufmerksamkeitsprozessen eine Rolle spielten. Es gab trotz vieler Gemeinsamkeiten Unterschiede in den funktionellen Aufmerksamkeitssystemen, die visuelle oder auditive Informationen verarbeiteten. Insbesondere war auch an Wechselwirkungen zu denken zwischen dem Wahrnehmungsmodus und der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeitsfunktion. Die Vorstellung der Aufmerksamkeit auch als endogener Faktor, der die Wahrnehmungsverarbeitung beeinflusst, könnte in diese Richtung zu weisen. Bei einer Störung in einem Wahrnehmungs- oder Verarbeitungsmodus würde diese Wechselwirkung in die andere Richtung weisen und zu Veränderungen der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeitsprozesse führen.

Weiter spielte auch der räumliche oder sprachliche Verarbeitungsmodus (in dieser Arbeit im gleichen Wahrnehmungsmodus = visuell) in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit eine Rolle. Selbst wenn Patienten eine Aufmerksamkeitsaufgabe in einem bestimmten Verarbeitungsmodus problemlos bewältigen konnten, hiess das nicht, dass dies auch in einem anderen Verarbeitungsmodus der Fall oder unter komplexeren Bedingungen möglich war. Kom-



plexität würde im selektiv-fokussierten Aufmerksamkeitsbereich bedeuten: Menge an Informationen insgesamt, Darstellung der Informationen (parallel, seriell, räumlich), Menge der Ablenkungsinformationen bzw. Distraktoren und Art der Distraktoren (inhaltliche Nähe zum Zielreiz, Anforderungen an automatisierte oder kontrollierte Prozesse). Durch stufenweisen Einbezug und dann auch Variation dieser Variablen könnte die Art des Einflusses einer selektiv-fokussierten Aufmerksamkeitsstörung ermittelt bzw. Interaktionen zu Leistungsdefiziten aufgezeigt werden. Ein weiteres Ziel wäre es nun, diese Annäherung an die Alltagsaufmerksamkeitsfunktionen weiter zu verfolgen (unter welchen Aufmerksamkeitsbedingungen in welchem Wahrnehmungs- oder Verarbeitungsmodus bestehen welche quantitativen bzw. qualitativen Auffälligkeiten), so dass in der klinischen Arbeit für den einzelnen Patienten diagnostische und therapeutische Konsequenzen aufgezeigt werden könnten.

## 6 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, den Zusammenhängen zwischen fokalen oder diffusen Hirnschädigungen, der Lokalisation und den erhaltenen oder gestörten neuropsychologischen Aufmerksamkeitsfunktionen nachzugehen. Entsprechend den neuropsychologischen Studien wurde dabei ein Mehrkomponenten-Modell der neuropsychologischen Aufmerksamkeitsfunktionen zu Grunde gelegt. Auf dieser Grundlage wurden Aufmerksamkeitsfunktionen der Intensität, der Selektivität und des Supervisory Attentional System mitberücksichtigt. Neben der neuropsychologischen Sichtweise wurden aber auch Grundlagen der Neurophysiologie und Neuroanatomie sowie Aspekte der kognitiven Psychologie eingebaut. Die Versuche, die neuropsychologischen Mehrkomponenten-Modelle statistisch zu validieren, blieben wie bereits in anderen Untersuchungen relativ erfolglos, so dass dieser Ansatz nicht weiter verfolgt wurde. Die theoretischen und empirischen Befunde sprachen dafür, dass es in der Neuropsychologie zwei Arten von Aufmerksamkeitsprozessen gibt, welche je nach Blickwinkel mit automatisiert, bottom-up, stimulusbestimmte Reaktion oder kontrolliert, top-down, gedächtnisbestimmte Handlung umschrieben werden könnten.

Ein besonderer Schwerpunkt war auf die Untersuchung von Hirnschädigungen in anterioren und frontalen Hirnstrukturen gelegt worden. Anders als in den meisten Studien wurden auch Patienten mit multifokal-diffusen Hirnschädigungen mitberücksichtigt. Ein zentrales Anliegen war weiter, den Einflüssen von modalitäts- und verarbeitungsspezifischen Aspekten bzw. eventuell vorhandenen Wechselwirkungen zu Aufmerksamkeitsfunktionen Rechnung zu tragen. Im Vordergrund stand dabei die Untersuchung von selektiv-fokussierten Aufmerksamkeitsprozessen.

Als Instrumente wurden neben bekannten standardisierten Verfahren ein visuelles und auditives Go-Nogo-Verfahren und ein visuell-räumliches und visuell-sprachliches Verfahren zur Prüfung der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit entwickelt und erprobt.

Die Stichprobe umfasste 46 Patientinnen und Patienten mit Hirnschädigungen nach Schädel-Hirn-Trauma, aufgrund einer vaskulären oder Tumorerkrankung sowie 30 Kontrollpersonen.

Im empirischen Teil der Arbeit konnte gezeigt werden, dass Schädel-Hirn-Traumatiker vor allem unspezifisch verlangsamt sind in Aufmerksamkeitsbereichen von stimulusbestimmten Reaktionen und auch in gedächtnisgeleiteten Handlungen ohne jedoch unter komplexeren Bedingungen disproportionale Verlangsamungen aufzuweisen. Qualitative Auffälligkeiten

zeigten sich in Aufgaben des Supervisory Attentional Systems. Vaskuläre und Tumor-Patienten waren demgegenüber vor allem in Bereichen der Selektivität quantitativ und qualitativ beeinträchtigt wie auch in Aufgaben des Supervisory Attentional Systems.

In den statistischen Auswertungen konnten Zusammenhänge zwischen fokalen Hirnschädigungen und Aufmerksamkeitsfunktionen aufgezeigt werden.

Im Bereich der Selektivität arbeiteten Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen in der visuellen und auditiven Go-Nogo-Aufgabe qualitativ schlechter als die Kontrollgruppe während die Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen sich nicht unterschieden. Auch in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit machten Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen mehr Auslassungen insbesondere unter den stark gedächtnisbestimmten Handlungsbedingungen der visuell-sprachlichen Verarbeitungsbedingung. Patienten mit posterioren Läsionen waren im Bereich der Selektivität unter stimulusbestimmten Reaktionsbedingungen in visuellen, visuell-räumlichen und weniger ausgeprägt auch in auditiven Aufgaben verlangsamt. Patienten mit anterioren Läsionen zeigten eine disproportionale Zunahme der Verlangsamung im Arbeitsgedächtnis und eine Störung der phasischen Alertness.

Patienten mit frontalen Läsionen unterschieden sich nicht bzw. zeigten keine quantitativen oder qualitativen Störungen im Bereich der Selektivität nach Go-Nogo. Patienten mit rechts frontalen Läsionen zeigten in der Selektivität im visuell-räumlichen Bereich eine starke Verlangsamung, aber keine im visuell-sprachlichen Bereich. Die systematische und kontrollierte visuell-räumliche Explorationsleistung war bei diesen Patienten vermindert. Patienten mit links frontalen Läsionen zeigten unter gedächtnisbestimmten Handlungsbedingungen in der Selektivität im visuell-räumlichen und visuell-sprachlichen Bereich eine starke Verlangsamung. Diese Patienten waren auch in der phasischen Alertness deutlich beeinträchtigt. Bifrontal geschädigte Patienten waren insbesondere in der Denkflexibilität vermindert. Im Bereich der Denkflexibilität zeigten sich auch signifikante Einflüsse des Faktors Alter.

In den Läsionsanalysen der multifokal-diffusen Gruppe kombiniert mit statistischen Auswertungen konnte in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo im visuellen Bereich die Rolle der posterioren Strukturen (insbesondere auch parietaler), in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo im auditiven Bereich (insbesondere auch temporaler) aufgezeigt werden. Eine stimulusbestimmte Reaktionsvorgehensweise könnte den Befunden nach in erster Linie von den posterioren Strukturen abhängen und somit auch mit selektiv-fokussierten Aufmerksamkeitsfunktionen in Wechselwirkung stehen. Interpretationen sprechen für die Funktion der Aufmerksamkeit als Integrationsfaktor sensorischer Reize oder als Faktor, der sensorischen Reizen eine räumliche und/oder zeitliche Kohärenz verschaffen könnte. Diese Funktionen würden entsprechend vermehrt von temporalen oder

parietalen Strukturen mitbeeinflusst. In der gedächtnisbestimmten Handlungsvorgehensweise in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit im Hemmen von irrelevanten Informationen wurde die Bedeutung von frontalen und insbesondere rechtsfrontalen Strukturen ersichtlich. Die Bedeutung der rechts frontalen Strukturen im räumlichen Aufmerksamkeitsbereich zeigte sich auch in der Funktion der systematischen und kontrollierten Exploration.

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass der Wahrnehmungsmodus und der Verarbeitungsmodus in selektiven Aufmerksamkeitsprozessen eine Rolle spielten. Es gab trotz vielen Gemeinsamkeiten Unterschiede in den funktionellen Aufmerksamkeitsystemen, die visuelle oder auditive, visuell-räumliche oder visuell-sprachliche Informationen verarbeiteten. Insbesondere war auch an Wechselwirkungen zwischen dem Wahrnehmungsmodus und der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeitsfunktion zu denken.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass versucht wurde, Aufmerksamkeitsfunktionen so differenziert zu untersuchen, dass sie die Komplexität des klinischen Alltags abzubilden vermögen. Die untersuchten Aufmerksamkeitsfunktionen könnten Teil verschiedenster Tätigkeiten sein, deren Analyse im Falle von Störungen die Folgen in der effizienten Gestaltung und Bewältigung von Alltags- und Berufsaufgaben beschreiben lassen. Aufgezeigt wurde dies insbesondere an den Patientinnen und Patienten mit multifokal-diffusen Störungen, von denen einige in verschiedenen Aufgaben und unter verschiedenartigen Bedingungen Leistungsdefizite quantitativer und/oder qualitativer Art aufwiesen. In einer weiterführenden Analyse müsste nun versucht werden, die diagnostischen und therapeutischen Konsequenzen für den einzelnen Patienten oder bestimmte Patientengruppen zu ermitteln.

## 7 Literaturverzeichnis

- Alexander, G.E., DeLong, M.R., Strick, P.L. (1986). Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 9, 357-381.
- Audet, T., Mercier, L., Collard, S., Rochette, A. & Herbert, R. (2000). Attention deficits: is there a right hemisphere specialization for simple reaction time, sustained attention and phasic alertness? *Brain Cognition*, 43(1-3), 17-21.
- Baker, S., Rogers, R., Owen, A., Frith, C., Dolan, R., Frackowiak, R. & Robbins, T. (1996). Neural systems engaged by planning: a PET study of the Tower of London task. *Neuropsychologia*, 34(6), 515-526.
- Bench, C.J., Frith, C.D., Grasby, P.M., Friston, K.J., Paulesu, E., Frackowiak, R.S. & Dolan, R.J. (1993). Investigations of the functional anatomy of attention using the Stroop test. *Neuropsychologia*, 31, S.145-159.
- Benedict, R.H., Lockwood, A.H., Shucard, J.L., Shucard, D.W., Wack, D. & Murphy, B.W. (1998). Functional neuroimaging of attention in the auditory modality. *NeuroReport (England)*, 9(1), 121-126.
- Birbaumer, N. & Schmidt, R.F. (1996). *Biologische Psychologie*. 3. Auflage, Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- Bortz, J. (1989). *Lehrbuch der Statistik für Sozialwissenschaftler*. 3. Auflage. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, Tokio.
- Boussaoud, D., Di Pellegrino, G. & Wise, S.P. (1996). Frontal lobe mechanisms subserving vision-for-action versus vision-for-perception. *Behavioural Brain Research*, 72, 1-15.
- Braun, D., Weber, H., Mergner, Th. & Schulte-Mönting, J. (1992). Saccadic Reaction Times In Patients With Frontal And Parietal Lesions. *Brain*, 115, 1359-1386.
- Bühl, A. & Zöfel, P. (2000). *SPSS Version 10. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows*. München: Addison-Wesley Verlag.
- Cabeza, R. & Nyberg, L. (1997). Imaging Cognition: An Empirical Review of PET Studies with Normal Subjects. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(1), 1-26.
- Chun, M.M. & Potter, M.C. (1995). A Two-Stage Model for Multiple Target Detection in Rapid Serial Visual Presentation. *Journal of Experimental Psychology*, 21(1), 109-127.
- Cohen, R.A. (1993). *The Neuropsychology of Attention*. New York: Plenum Press.
- Cohen, R.A., Kaplan, R.F., Moser, D.J., Jenkins, M.A. & Wilkinson, H. (1999). Impairments of attention after cingulotomy. *Neurology*, 53(4), 819-824.

- Corbetta, M., Miezin, F.M., Dobmeyer, S., Shulman, G.L. & Petersen, S.E. (1991). Selective and Divided Attention during Visual Discriminations of Shape, Color, and Speed: Functional Anatomy by Positron Emission Tomography. *The Journal of Neuroscience*, 11(8), 2383-2402.
- Corbetta, M., Miezin, F.M., Shulman, G.L. & Petersen, S.E. (1995). Superior parietal Cortex activation during spatial attention shifts and visual feature conjunction. *Science*, 270, 802-805.
- Coull, J.T., Frith, C.D., Frackowiak, R.S. & Grasby, P.M. (1996). A fronto-parietal network for rapid visual information processing: a PET study of sustained attention and working memory. *Neuropsychologia*, 34(11), 1085-1095.
- Damasio, H. & Damasio, A.R. (1989). *Lesion analysis in Neuropsychology*. New York: Oxford University Press.
- Deco, G. & Zihl, J. (2001). A neurodynamical model of visual attention: feedback enhancement of spatial resolution in a hierarchical system. *J Comput Neurosci (United States)*, 10(3), 231-253.
- D'Esposito, M. & Grossmann, M. (1998). The physiological basis of executive function and working memory. *The Neuroscientist*, 2, 345-352.
- D'Esposito, M. & Postle, B. (1999). The dependence of span and delayed-response performance on prefrontal Cortex. *Neuropsychologia*, 37, 1303-1315.
- Dias, R., Robbins, T.W. & Roberts, A.C. (1996). Dissociation in prefrontal Cortex of affective and attentional shifts. *Nature*, 380, 69-72.
- Diehl, J. M. & Arbinger, R. (1992). *Einführung in die Inferenzstatistik* (2. Aufl.). Eschborn: Verlag Dietmar Klotz.
- Drevets, W., Burton, H., Videen, T., Snyder, A., Simpson, J. & Raichle, M. (1995). Blood flow changes in human somatosensory Cortex during anticipated stimulation. *Nature*, 373, 249-252.
- Fischer, B. (1986). The role of attention in the preparation of visually guided eye movement in monkey and man. *Psychological Research*, 48, 251-257.
- Fischer, B. (1987). The preparation of visually guided saccades. *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.*, 106, 1-35.
- Godefroy, O., Cabaret, M. & Rousseaux, M. (1994). Vigilance and effects of fatigability, practice and motivation on simple reaction time tests in patients with lesion of the frontal lobe. *Neuropsychologia*, 32, 983-990.
- Godefroy, O., Lhullier, C. & Rousseaux, M. (1996). Non-spatial attention disorders in patients with frontal or posterior brain damage. *Brain*, 119, 191-202.
- Godefroy, O. & Rousseaux, M. (1996). Divided and Focused Attention in Patients with Lesion of the Prefrontal Cortex. *Brain and Cognition*, 30, 155-174.
- Goldman-Rakic, P.S. (1988). Topography of cognition: Parallel distributed networks in primate association Cortex. *Annual Review of Neurosciences*, 11, 137-156.

- Groner, R. & Groner, M. (1989). Attention and eye movement control: An overview. *European Archives of Psychiatry and Neurological Science*, 239, 9-16.
- Jäncke, L., Kleinschmidt, A., Mirzazade, S. & Freund, H.-J. (2001). The sensorimotor role of parietal Cortex in linking the perception and creation of object shapes: An fMRI study. *Cerebral Cortex*, 11, 114-121.
- Jäncke, L., Wüstenberg, T., Scheich, H. & Heinze, H.J. (2002). Phonetic Perception and the temporal lobe. *Neuroimage*, 15, 733-746.
- Johannsen, P., Jakobsen, J., Bruhn, P., Hansen, S.B., Gee, A., Stodkilde-Jorgensen, H. & Gjedde, A. (1997). Cortical sites of sustained and divided attention in normal elderly subjects. *Neuroimage*, 6, 145-155.
- Karayanidis, F. & Michie, P.T. (1996). Frontal processing negativity in a visual selective attention task. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 99, 38-56.
- Kinomura, S., Larsson, J., Gulyas, B. & Roland, P.E. (1996). Activation by attention of the human reticular formation and thalamic intralaminar nuclei. *Science*, 271, 512-515.
- Leclercq, M. (1998). Pathologie frontale et troubles de l'attention. *Syndrome Frontal. Evaluation et Rééducation*. Actes des 11<sup>e</sup> Entretiens de l'Institut Garches.
- Leclercq, M., Couillet, J., Azouvi, P., Marlier, N., Martin, Y., Strypstein, E. & Rousseaux, M. (2000). Dual Task Performance after Severe Diffuse Traumatic Brain Injury or Vascular Prefrontal Damage. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 22(3), 339-350.
- Lekwuwa, G.U. & Barnes, G.R. (1996). Cerebral control of eye movements I. Relationship between cerebral lesion sites and smooth pursuit deficits. *Brain*, 119, 473-490.
- Lewin, J.S., Friedman, L., Wu, D., Miller, D.A., Thompson, L.A., Klein, S.K., Wise, A.L., Hedera, P., Buckley, P., Meltzer, H., Friedland, R.P. & Duerk, J.L. (1996). Cortical Localization of Human Sustained Attention: Detection with Functional MR Using a Visual Vigilance Paradigm. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 20(5), 695-701.
- Lezak, M.D. (1995). *Neuropsychological assessment* (3rd ed.). New York: Oxford University Press.
- Luria, A.R. (1966). *Higher cortical functions in man*. London: Tavistock Publications.
- Madden, D.J., Turkington, T.G., Provenzale, J.M., Hawk, T.C., Hoffman, J.M. & Coleman, R.E. (1997). Selective and divided visual attention: age related changes in regional cerebral blood flow measured by H2/15 O-PET. *Human Brain Mapping*, 5, 389-409.
- Mangun, G.R. (1995). Neural mechanisms of visual selective attention. *Psychophysiology*, 32, 4-18.
- Mesulam, M.M. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology*, 10, 309-325.
- Morrow, M.J. & Sharpe, J.A. (1990). Cerebral hemispheric localization of smooth pursuit asymmetry. *Neurology*, 40, 284-292.

- Morrow, M.J. & Sharpe, J.A. (1995). Deficits of Smooth-Pursuit Eye Movement After Unilateral Frontal Lobe Lesions. *Annals of Neurology*, 37(4), 443-451.
- Murray, L.L., Holland, A.L. & Beeson, P.M. (1998). Spoken language of individuals with fluent aphasia under focused and divided-attention conditions. *Journal of Speech, Language and Hearing Research (United States)*, 41(1), 213-227.
- Nagel-Leiby, S., Buchtel, H.A. & Welch, K.M. (1990). Cerebral control of directed visual attention and orienting saccades. *Brain*, 113, 237-276.
- Parasuraman, R., Mutter, S.A. & Molloy, R. (1991). Sustained Attention Following Mild Closed-Head Injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 13(5), 789-811.
- Passingham, R.E. (1996). Attention to action. *Philos. Trans. R. soc. Lond.*, 351, 1473-1479.
- Pardo, J.V., Fox, P.T. & Raichle, M. E. (1991). Localization of a human system for sustained attention by positron emission tomography. *Nature*, 349, 61-64.
- Pardo, J.V., Pardo, P.J., Janer, K.W. & Raichle, M.E. (1990). The anterior cingulate Cortex mediates processing selection in the Stroop attentional conflict paradigm. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 87, 256-259.
- Park, N.W., Moscovitch, M. & Robertson I.H. (1999). Divided attention impairments after traumatic brain injury. *Neuropsychologia*, 37(10), 1119-1133.
- Partiot, A., Verin, M., Pillon, B., Teixeira-Ferreira, Y. & Dubois, B. (1996). Delayed response tasks in basal ganglia lesions in man: Further evidence for a striato-frontal cooperation in behavioural adaptation. *Neuropsychologia*, 34(7), 709-721.
- Passingham, R.E. (1996). Attention to action. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 351, 1473 – 1479.
- Perret, E. (1974). The left frontal lobe of man and the suppression of habitual responses in verbal categorical behaviour. *Neuropsychologia*, 12, 323-330.
- Pierrot-Deseiligny, Ch., Rivaud, S., Penet, Ch. & Rigolet, M.H. (1986). Latencies of Visually Guided Saccades in Unilateral Hemispheric Cerebral Lesions. *Annals of Neurology*, 21(2), 138-148.
- Posner, M.I. & Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Raymond, J.E., Shapiro, K.L. & Arnell, K.M. (1992). Temporary Suppression of Visual Processing in an RSVP Task: An Attentional Blink? *Journal of Experimental Psychology*, 18(3), 849-860.
- Richer, F. & Lepage, M. (1996). Frontal lesions increase post-target interference in rapid stimulus streams. *Neuropsychologia*, 34(6), 509-514.
- Robertson, I.H., Tegner, R., Tham, K., Lo A. & Nimmo-Smith, I. (1995). Sustained attention training for unilateral neglect: theoretical and rehabilitation implications. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 17(3), 416-430.



- Roman, M.J., Delis, D.C., Filoteo, J.V., Demadura, T.L., Paulsen, J., Swerdlow, N.R., Swenson, M.R., Salmon, D., Butters, N. & Shults, C. (1998). Is there a "subcortical" profile of attentional dysfunction? A comparison of patients with Huntington's and Parkinson's diseases on a global-local focused attention task. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology (Netherlands)*, 20(6), 873-884.
- Rueckert, L. & Grafman, J. (1996). Sustained attention deficits in patients with right frontal lesions. *Neuropsychologia*, 34(10), 953-963.
- Rueckert, L. & Levy, J. (1996). Further evidence that the callosum is involved in sustaining attention. *Neuropsychologia*, 34 (9), 927-935.
- Ruff, R.M. (1986). Automatic Detection vs Controlled Search: A Paper-and-Pencil Approach. *Perceptual and Motor Skills*, 62, 407-416.
- Ruff, R.M., Niemann, H., Allen, C., Farrow, C. & Wylie, T. (1992). The Ruff 2 and 7 selective attention test: a neuropsychological application. *Perceptual and Motor Skills*, 1311-1319.
- Rushworth, M., Nixon, P., Renowden, D. & Passingham, R. (1997). The left parietal Cortex and motor attention. *Neuropsychologia*, 35(9), 1261-1273.
- Sabatino, M., Di Nuovo, S., Pierangelo, S., Scaffidi Abbate, C. & La Grutta, V. (1996). Neuropsychology of selective attention and magnetic cortical stimulation. *International Journal of Psychophysiology*, 21, 83-89.
- Schneider, W. & Shiffrin, R.M. (1977). Controlled and Automatic Human Information Processing: I. Detection, Search, and Attention. *Psychological Review*, 84 (1), 1-66.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. In D.E. Broadbent & L. Weiskrantz (Eds.), *The neuropsychology of cognitive function*, S. 199-209, London: The Royal Society.
- Shiffrin, R.M. & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing, I: Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84, S. 1-66.
- Shiffrin, R.M. & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing, II: Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84, S. 127-190.
- Sohlberg, M.M. & Mateer, C.A. (1987). Effectiveness of an attention training program. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 9, 117-130.
- Sohlberg, M.M. & Mateer, C.A. (1989). *Introduction to Cognitive Rehabilitation*. New York: Guilford Press.
- Spikman, J.M., Van Zomeren, A.H. & Deelman, B.G. (1996). Deficits of Attention after Closed-Head Injury: Slowness Only? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 18(5), 755-767.
- Spikman, J.M., Kiers, H.A., Deelman, B.G. & Van Zomeren, A.H. (2001). Construct validity of concepts of attention in healthy controls and patients with CHI. *Brain Cognition*, 47(3), 446-460.

- Strauss, M.E., Thompson, P., Adams, N.L., Redline, S. & Burant, C. (2000). Evaluation of a model of attention with confirmatory factor analysis. *Neuropsychology (United States)*, 14(2), 201-208.
- Stuss, D.T., Toth, J.P., Franchi, D., Alexander, M.P., Tipper, S. & Craik, F.I. (1999). Dissociation of attentional process in patients with focal frontal and posterior lesions. *Neuropsychologia*, 37(9), 1005-1027.
- Sturm, W. & Willmes, K. (1994). Effektivität eines Trainings von vier Aufmerksamkeitsfunktionen. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 5, 15-28.
- Sturm, W. (1997). Aufmerksamkeitsstörungen. In: Hartje, W. & Poeck, K. (Hrsg.): *Klinische Neuropsychologie*, 3. Auflage. Thieme, Stuttgart.
- Sturm, W., Willmes, K., Orgass, B. & Hartje, W. (1997). Do Specific Attention Deficits Need Specific Training? *Neuropsychological Rehabilitation*, 7(2), 81-103.
- Sturm, W. & Fimm, B. (1998). *Neuropsychologie von Aufmerksamkeitsstörungen – Theorie, Neurobiologie und Klinik*. Unveröffentlichte Tagungsunterlagen September 1998. Aachen.
- Sturm, W., de Simone, A., Krause, B.J., Specht, K., Hesselmann, V., Radermacher, I., Herzog, H., Tellmann, L., Müller-Gärtner, H.-W. & Willmes, K. (1999). Functional anatomy of intrinsic alertness: evidence for a fronto-parietal-thalamic-brainstem network in the right hemisphere. *Neuropsychologia*, 37, 797-805.
- Sturm, W. & Willmes, K. (2001). On the functional neuroanatomy of intrinsic and phasic alertness. *Neuroimage*, 14, 76-84.
- Stuss, D.T. & Benson, D.F. (1986). *The Frontal Lobes*. New York: Raven Press.
- Treisman, A. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 76, 282-299.
- Treisman, A. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Vendrell, P., Junqué, C., Pujol, J., Jurado, M.A., Molet, J. & Grafman, J. (1995). The Role of Prefrontal Regions in the Stroop Task. *Neuropsychologia*, 33 (3), 341-352.
- Verin, M., Partiot, A., Pillon, B., Malapani, Y. & Dubois, B. (1993). Delayed response tasks and prefrontal lesions in man - evidence for self generated patterns of behaviour with poor environmental modulation. *Neuropsychologia*, 31(12), 1379-1396.
- Vilkkii, J., Virtanen, S., Surma-Aho, O. & Servo, A. (1996). Dual task performance after focal cerebral lesions and closed head injuries. *Neuropsychologia*, 34(11), 1051-1056.
- Walther, S. (1993). *Augenbewegungen und Aufmerksamkeit*. Untersuchungen an neurologischen Patienten. Unveröffentlichte Lizentiatsarbeit der Philosophischen Fakultät der Universität Freiburg. Schweiz.
- Weinstein, M., Silverstein, M.L., Nader, T & Turnbull, A. (1999). Sustained attention and related perceptuomotor functions. *Percept Mot Skills (United States)*, 89(2), 387-388.

- Whyte, J., Polansky, M., Fleming, M., Branch, H. & Cavalucci, C. (1995). Sustained Arousal and Attention after Traumatic Brain Injury. *Neuropsychologia*, 33(7), 797-813.
- Zazzo, R. (1969). *Manuel pour l'examen psychologique de l'enfant*. Actualités pédagogiques et psychologiques. Delachaux et Niestlé.
- Zimmermann, P. & Fimm, B. (1992). *Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP)*, Handbuch Version 1.0. Herzogenrath. Deutschland.
- Van Zomerén, A.H. & Brouwer, W.H. (1994). *Clinical Neuropsychology of Attention*. New York: Oxford University Press.

# Anhang

## Abkürzungen

AL	Patienten mit anterioren Läsionen
ARAS	Aszendierendes retikuläres Aktivierungssystem
CPT	Continuous Performance Test
CT	Computer-Tomographie
CVN	Contingent Negative Variation
DLF	Patienten mit fokalen Läsionen im dorsolateralen Frontalhirn
DL-OB	Patienten mit Läsionen im dorsolateralen und orbitalen Frontalhirn
EEG	Elektro-Enzephalogramm
FB	Patienten mit fokalen Läsionen im linken und rechten Frontalhirn
FL	Patienten mit fokalen Läsionen im linken Frontalhirn
FR	Patienten mit fokalen Läsionen im rechten Frontalhirn
LHL	Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen
LOA	Lapses of Attention
IIV	Intraindividuelle Variability
OBF	Patienten mit fokalen Läsionen im orbitalen Frontalhirn
MRI	Magnetresonanztomographie
PET	Positronen-Emission-Tomographie
PL	Patienten mit posterioren Läsionen
RF	Formatio reticularis
RHL	Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen

SAS	Supervisory Attentional System
SHT	Schädel-Hirn-Traumatiker
SPECT	Single-Photon-Emissions-Computer-Tomographie
TOT	Time on Task Effect
VaTu	Patienten mit Hirnschädigungen nach vaskulären Erkrankungen oder bei Tumorerkrankungen

## Verzeichnis der Tabellen

<b>Tabelle</b>	<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
1	Aufmerksamkeitsbereiche, kritische Läsionsgebiete, entsprechende diagnostische Paradigmen und Instrumente	24
2	Die Beschreibung der Stichprobe anhand von Alter, Geschlecht, Anzahl Schulbildung und Art der Ausbildung	33
3	Die Beschreibung der Patientengruppen (SHT und VaTu) anhand von Alter, Geschlecht und Schulbildung	34
4	Die Aufmerksamkeitsleistungen der Schädel-Hirn-Trauma-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe	42
5	Die Aufmerksamkeitsleistungen der Vaskulären/Tumor-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe	48
6	Die Beschreibung der Patienten (N=10) der multifokalen-diffusen und subkortikalen Gruppe in bezug auf die Lokalisation der Läsionen	76
7	Die Aufmerksamkeitsleistungen der multifokal-diffusen und subkortikalen Gruppe mit deutlichen Störungen ( $\geq -2s$ ) und ohne Störungen ( $\leq -0.5s$ )	77

## Verzeichnis der Abbildungen:

Abbildung	Titel	Seite
1	Modell der Aufmerksamkeit	6
2	Die einfachen Reaktionszeiten der Schädel-Hirn-Trauma- und der Kontrollgruppe in Abhängigkeit des Wahrnehmungsmodus	44
3	Die einfachen Reaktionszeiten, der Reaktionszeiten unter selektiv-fokussierten Bedingungen im Durchschnitt und der Reaktionszeiten unter Intervall-Interstimulus von 4 der Restaphasie-Gruppe, der Nicht-Aphasiegruppe und der Kontrollgruppe im auditiven Wahrnehmungsmodus	46
4	Die einfachen Reaktionszeiten der Reaktionszeiten unter selektiv-fokussierten Bedingungen im Durchschnitt und der Reaktionszeiten unter Intervall-Interstimulus von 4 der Restaphasie-Gruppe, der Nicht-Aphasiegruppe und der Kontrollgruppe im visuellen Wahrnehmungsmodus	47
5	Die geschätzten Randmittel der Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen, rechtshemisphärischen Läsionen und der Kontrollgruppe der Anzahl Auslassungen und Fehlreaktionen in der auditiven und visuellen Go-Nogo-Aufgabe.	51
6	Die geschätzten Randmittel der Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen, rechtshemisphärischen Läsionen und der Kontrollgruppe der Reaktionsgeschwindigkeit in der visuell-räumlichen selektiven Aufmerksamkeit unter den vier Testbedingungen (valide Bedingung nach links, invalide Bedingung nach rechts, invalide Bedingung nach links, valide Bedingung nach rechts)	53
7	Die geschätzten Randmittel der Patienten mit anterioren Läsionen, der Patienten mit posterioren Läsionen und der Kontrollgruppe in bezug auf die Reaktionsgeschwindigkeiten in der visuell-räumlichen selektiven Aufmerksamkeit unter den vier Testbedingungen (valide Bedingung nach links, invalide Bedingung nach rechts, invalide Bedingung nach links, valide Bedingung nach rechts).	55

8	Die geschätzten Randmittel der Patienten mit anterioren Läsionen, der Patienten mit posterioren Läsionen und der Kontrollgruppe in den Reaktionsgeschwindigkeiten der auditiven Go-Nogo-Aufgabe unter Einbezug der Reaktionszeiten im Durchschnitt, der Reaktionszeiten mit Intervallinterstimulus=0 und der Reaktionszeiten bei Intervallinterstimulus=4.	56
9	Die geschätzten Randmittel der Patienten mit anterioren Läsionen, der Patienten mit posterioren Läsionen und der Kontrollgruppe in den Reaktionsgeschwindigkeiten der visuellen Go-Nogo-Aufgabe unter Einbezug der Reaktionszeiten im Durchschnitt, der Reaktionszeiten mit Intervallinterstimulus=0 und der Reaktionszeiten bei Intervallinterstimulus=4.	56
10	Die geschätzten Randmittel der Patienten mit anterioren Läsionen, der Patienten mit posterioren Läsionen und der Kontrollgruppe in den Reaktionsgeschwindigkeiten der einfachen visuellen Reaktionsaufgabe und der komplexen Arbeitsgedächtnisaufgabe.	57
11	Die Läsionsanalyse der Patienten mit umschriebenen Frontalhirnschädigungen rechts	58
12	Die Läsionsanalyse der Patienten mit umschriebenen Frontalhirnschädigungen links	59
13	Die Läsionsanalyse der Patienten mit umschriebenen Frontalhirnschädigungen beidseits	60
14	Die geschätzten Randmittel des phasischen Kennwertes der Patienten mit Läsionen frontal rechts, frontal links, frontal beidseits und der Kontrollgruppe.	61
15	Die geschätzten Randmittel der Anzahl antizipierter Antworten in der phasischen Alertness der Patienten mit Läsionen frontal rechts, frontal links, frontal beidseits und der Kontrollgruppe.	62
16	Die durchschnittliche Anzahl Richtige (Bearbeitungsgeschwindigkeit) in der visuell-räumlich und visuell-sprachlich fokussierten Aufmerksamkeit in den Frontalhirngruppen und in der Kontrollgruppe	63
17	Die durchschnittliche Anzahl Richtige (im Verhältnis zueinander) der visuell-räumlich und visuell-sprachlich fokussierten Aufmerksamkeit in den Frontalhirngruppen und in der Kontrollgruppe.	64



18	Die geschätzten Randmittel der Anzahl ausgelassener ganzer Zeilen im Deux Barrages und im AD-RA in den drei Frontalhirngruppen und in der Kontrollgruppe.	64
19	Die durchschnittliche Anzahl Auslassungen und Fehlreaktionen in der Aufgabe zur geteilten Aufmerksamkeit in den Frontalhirngruppen und in der Kontrollgruppe.	65
20	Die geschätzten Randmittel der Frontalhirngruppe und der Kontrollgruppe in den Reaktionsgeschwindigkeiten der einfachen visuellen Reaktionsaufgabe und der komplexen Arbeitsgedächtnisaufgabe.	66
21	Die durchschnittliche Anzahl Auslassungen und Fehlreaktionen in der Aufgabe zum Arbeitsgedächtnis in der Kontrollgruppe und in den Frontalhirngruppen.	67
22	Die durchschnittliche Anzahl perseverativer Fehler in den Frontalhirngruppen und der Kontrollgruppe dargestellt im dreidimensionalen Raum im Verhältnis zum Faktor Alter	68
23	Die durchschnittliche Anzahl perseverativer und nonperseverativer Fehler in der Denkflexibilitätsaufgabe des SAS in der Kontrollgruppe und in den Frontalhirngruppen.	69
24	Die Läsionsanalyse der Patienten mit fokalen Läsionen im dorsolateralen und mesialen präfrontalen Kortex.	70
25	Die Läsionsanalyse der Patienten mit fokalen Läsionen im orbitofrontalen Kortex.	71
26	Die Läsionsanalyse der Patienten mit fokalen Läsionen sowohl im dorsolateralen als auch im orbitofrontalen Kortex.	72
27	Die geschätzten Randmittel der Auslassungen und Fehlreaktionen in der geteilten Aufmerksamkeit in der Kontrollgruppe und in den fokalen Frontalhirngruppen.	73
28	Die geschätzten Randmittel der Auslassungen und Fehlreaktionen in der Arbeitsgedächtnisaufgabe des SAS in der Kontrollgruppe und in den fokalen Frontalhirngruppen.	74
29	Die Läsionsanalyse der Patienten mit und ohne Störungen in einfachen Reaktionszeiten im auditiven Wahrnehmungsmodus.	78
30	Die Läsionsanalyse der Patienten mit und ohne Störungen in einfachen Reaktionszeiten im visuellen Wahrnehmungsmodus.	79

31	Die Läsionsanalyse der Patienten mit und ohne Störungen in der phasischen Alertness.	80
32	Die Läsionsanalyse der Patienten mit und ohne Störungen in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo im auditiven Bereich.	81
33	Die Läsionsanalyse der Patienten mit und ohne Störungen in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit nach Go-Nogo im visuellen Bereich.	82
34	Die Läsionsanalyse der Patienten mit und ohne Störungen in der selektiv-fokussierten Aufmerksamkeit im Sinne einer mangelnden Hemmung irrelevanter Informationen.	83
35	Die Läsionsanalyse der Patienten mit und ohne Störungen in der selektiv-fokussierten räumlichen Aufmerksamkeit.	84
36	Die Läsionsanalyse der Patienten mit und ohne Störungen in der geteilten Aufmerksamkeit.	85
37	Die Läsionsanalyse der Patienten mit und ohne Störungen im SAS im Arbeitsgedächtnis.	86

# Lebenslauf

## Persönliche Angaben

Name	Forster
Vorname	Erika
Geburtsdatum	25.06.1963
Bürgerort	Uzwil SG/St. Gallen
Wohnort	St. Gallen/Schweiz

## Schulen und erste Ausbildung

	Primar-, Sekundar- und Kantonsschule, St. Gallen
1982	Matura Typus A
1983-1986	Ausbildung zur Ergotherapeutin, Zürich
1986	Diplom Ergotherapie
1986-1994	Berufliche Tätigkeit als Ergotherapeutin, Geriatrische Re- habilitationsklinik Bürgerspital, St. Gallen
1988-1994	Studium der Psychologie, Universität Zürich Vertiefungsrichtung Angewandte Psychologie 1. Nebenfach: Psychopathologie des Erwachsenenalters 2. Nebenfach: Neuropsychologie Lizentiatsarbeit: Neuropsychologische Funktionen bei chronischem Schmerz – Eine Vergleichsstudie
1995	Lizentiat Universität Zürich Philosophische Fakultät I

## Berufliche Tätigkeiten als Neuropsychologin

1995	Postgraduiertenausbildung, Neuropsych. Institut, Zürich
1995-2000	Klinische Tätigkeit, Abt. für Neuropsychologische Rehabili- tation, Neurologische Universitätsklinik, Inselspital, Bern
seit 1997	Klinische Tätigkeit, Klinik für Neurologie, Kantonsspital, St. Gallen
seit 2001	Fachpsychologin für Neuropsychologie FSP



